ISSN 2673-0480 (Online)

วารสารวิทยาศาสตร์โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

Journal of Earth Science, Astronomy and Space



ปีที่ 7 ฉบับที่ 1 (2567)
Vol.7, No.1 (2024)

บรรณาธิการแถลง

วารสารวิทยาศาสตร์โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ (Journal of Earth Science, Astronomy and Space) สมาคมดาราศาสตร์และวิทยาศาสตร์อวกาศเพื่อการศึกษา (Astronomy and Space Science Society for Education; ATSSE) ได้จัดทำขึ้นเพื่อเผยแพร่บทความทางด้านวิทยาศาสตร์โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ จากผลงานวิจัย ผลงานทางวิชาการ บทความทางวิชาการ ผลงานวิชาการรับใช้สังคม ภายใต้กลุ่มสาขาย่อยคือ

1. General Earth and Planetary Sciences
2. Atmospheric Science
3. Space and Planetary Science
4. Renewable Energy, Sustainability and the Environment
5. General Physics and Astronomy

ทั้งนี้ทางวารสารขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิคณะกรรมการประเมินอิสระ (Peer Reviewers) เป็นอย่างสูง ที่กรุณาให้เกียรติและเสียสละเวลาในการพิจารณา กลั่นกรอง แก้ไข และให้ข้อเสนอแนะแก่บทความวิจัย บทความวิชาการ เพื่อความสมบูรณ์ และประโยชน์สูงสุดในทางวิชาการ และขอขอบคุณผู้วิจัยที่ร่วมสร้างสรรค์ผลงาน เพื่อร่วมกันพัฒนาทั้งในมิติของการศึกษา งานวิจัย และสังคม

รองศาสตราจารย์ ดร.วิระภรณ์ ไหมทอง
บรรณาธิการ

กองบรรณาธิการ

1. รองศาสตราจารย์ ดร.วิระภรณ์ ไหมทอง บรรณาธิการ
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
2. รองศาสตราจารย์ ดร.วิลาวรรณ์ คำหาญ กรรมการ
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
3. รองศาสตราจารย์ ดร.กนต์ธีร์ กิจเกียรติพงษ์ กรรมการ
มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิทย์ นามมหาจักร กรรมการ
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภควัฒน์ วงศ์วรรณวัฒนา กรรมการ
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
6. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชีวะ ทัศนา กรรมการ
มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
7. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรากรณ์ แก้วขาว กรรมการ
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
8. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รณกฤต รัตนมาลา กรรมการ
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
9. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อร่าม ชนะโชติ กรรมการ
มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
10. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศราวุฒิ ชูโลก กรรมการ
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
11. อาจารย์ณัฏฐพงษ์ สายพิณ กรรมการ
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
12. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรารถนา มินเสน กรรมการและเลขานุการ
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
13. รองศาสตราจารย์ ดร.พัดตาวัน นาใจแก้ว กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

คณะกรรมการประเมินอิสระ (Peer Reviewers) ตรวจสอบทางวิชาการ

รองศาสตราจารย์ บุญรักษา สุนทรธรรม
สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)
รองศาสตราจารย์ ดร.ธนา ยีรัมย์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
รองศาสตราจารย์ ดร.กนต์ธีร์ กิจเกียรติพงษ์
มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิทย์ นามมหาจักร
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชีวะ ทัศนา
มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาคภูมิ รัตน์จิรานุกูล
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรากรณ์ แก้วขาว
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

สารบัญ

เรื่อง **หน้า**

กองบรรณาธิการ ก

สารบัญ ง

บทความวิจัย

การสร้างชุดอุปกรณ์ทดลองสำหรับหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของพื้นทรายและพื้นหินเกล็ดจากทรงกลมตันและทรงกลมกลวง 1

กฤตภัค นริศราวุธ กมลลักษณ์ สุวรรณพจน์ ศวิตา นาคนายม
ฐิติวัลคุ์ สีหไตร และ อาทิตย์ หู้เต็ม

การคำนวณระยะทางของกระจุกดาวเปิด NGC 2126 จากดาวแปรแสง 13

พิมมาดา เงียบกิ่ง พิยดา พุ่มนอก นุชนาฏ กรินสูงเนิน และ ทวีชัย ชนม์สูงเนิน

การคำนวณระยะทางของกระจุกดาวเปิด M67 ด้วยดาวแปรแสง δ Scuti EX Cnc 19

ณัฐชยา อุปพงษ์ นิภาวรรณ กอกกระโทก นันทนา เกยพุดซา
วันธนา ศิลปวิลาวัณย์ และ อุษานาฎ เอื้ออภิสิทธิ์วงศ์

Received: September 19, 2024 Revised: November 25, 2024
Accepted: November 27, 2024 Published: December 25, 2024

การสร้างชุดอุปกรณ์ทดลองสำหรับหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของพื้นทรายและพื้นหินเกล็ดจากทรงกลมตันและทรงกลมกลวง

Creation of experimental equipment finding the coefficient of friction in sand floor and flake stone floor from the solid sphere and hollow sphere

กฤตภัค นริศราวุธ[1] กมลลักษณ์ สุวรรณพจน์[1] ศวิตา นาคนายม[1] ฐิติวัลคุ์ สีหไตร[1] และ อาทิตย์ หู้เต็ม[2*]
Krittapak Narissarawut[1] Kamonlak Suwannapoch[1] Sawita Naknayom[1] Thitiwan Seehatrai[1] and Artit Hutem[2*]

[1] โรงเรียนวิทยานุกูลนารี ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000 ไทย
[2] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 67000 ไทย
[1]Wittayanukulnaree School,208 Ni-Muang Sub District, Muang District, Phetchabun, 67000 Thailand
[2]Science Education Division, Faculty of Science and Technology, Phetchabun Rajabhat University, 67000 Thailand
* artithutem@pcru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชุดการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของพื้นทรายและ พื้นหินเกล็ด โดยทดลองปล่อยวัตถุทรงกลมตันและทรงกลมกลวง ที่ระยะปล่อย 0.2 0.3 และ 0.4 เมตร จากพื้นเอียงที่เอียงทำมุม 30 องศากับแนวระดับให้เคลื่อนที่ลงบนพื้นทรายละเอียด พื้นทรายหยาบ และพื้นหินเกล็ด โดยแบ่งการทดลองสองแบบคือพื้นแห้งและพื้นเปียก แล้วนำระยะหยุดของวัตถุที่ได้ ไปคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานในแนวระดับด้วยโปรแกรม Mathematica เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะปล่อยวัตถุ ระยะหยุดของวัตถุ และค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน สอดคล้องกับทฤษฎีงานและพลังงาน ผลการทดลองพบว่า วัตถุทรงกลมตันมวลหนัก 2.07x10-2 กิโลกรัม มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.53 เซนติเมตร ระยะหยุดของวัตถุ มีค่าแปรผันโดยตรงกับระยะปล่อยวัตถุแต่แปรผกผันกับค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน

คำสำคัญ: ระยะหยุดของวัตถุ, ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน, ชุดการทดลอง

Abstract

The objective of this research is to create an experimental setup to determine the coefficient of friction for sandy and gravel surfaces. The experiment involves releasing solid spheres of both light and heavy masses from distances of 0.2, 0.3, and 0.4 meters on an inclined plane set at a 30-degree angle. The spheres then move across fine sand, coarse sand, and gravel surfaces. The experiment is conducted in two conditions: dry and wet surfaces. The inclined plane of the spheres is used to calculate the coefficient of friction using Mathematica, in order to explain the relationship between the release distance, stopping distance, and the coefficient of friction in accordance with the work-energy theory. The experimental results show that the stopping distance of a solid sphere with a mass of 2.07x10-2 kg and a diameter of 2.53 cm varies directly with the release distance but inversely with the coefficient of friction.

Keywords: inclined plane, Coefficient of friction, experimental design

บทนำ

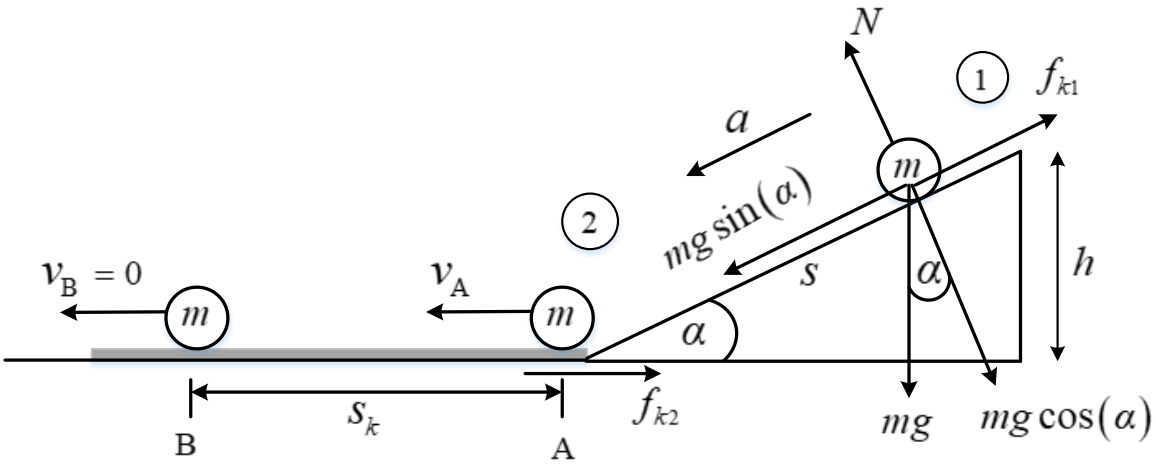
ปัจจุบันการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในสถานศึกษา เช่น โรงเรียน, วิทยาลัยเทคนิค, มหาวิทยาลัย เป็นต้น เพราะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเครื่องมือเครื่องใช้ที่มนุษย์ใช้ ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การเรียนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีหลายสาขา เช่น ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา คอมพิวเตอร์ ซึ่งในแต่ละสาขาวิชาช่วยให้เกิดการพัฒนากระบวนการสร้างความคิดอย่างเป็นระบบ คิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ ซึ่งในโรงเรียนวิทยานุกูลนารี จังวัดเพชรบูรณ์มีการจัดการเรียนการสอนรายวิชาฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งทางโรงเรียนวิทยานุกูลนารีมีการทดลองทางด้านฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง, การเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์ เป็นต้น ณัฏฐิกา สมัยมงคล (2557) ออกแบบพัฒนาชุดทดลองพื้นเอียงสำหรับศึกษากฎข้อที่หนึ่งของนิวตัน แรงในแนวตั้งฉาก ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน และความเร่งของวัตถุบนพื้นเอียงโดยชั่งน้ำหนักของวัตถุบนพื้นเอียงที่ทำจากไม้ อะคริลิค หรือแก้ว พบว่าชนิดของวัสดุมีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน ต่อมา โรสลีนา จาราแว และคณะ (2560) สร้างชุดทดลองสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของพื้นผิว ได้แก่ พื้นผิวอะคริลิค พื้นผิวไม้อัดละเอียด และพื้นผิวไม้หยาบ และใช้มวลในการทดสอบ พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานบนพื้นราบจากพื้นผิวไม้หยาบ พื้นผิวอะคริลิค และพื้นผิวไม้ละเอียด มีค่าเท่ากับ 0.57 0.30 และ 0.26 ตามลำดับ ต่อมา K.W.Li et al.(2007) วัดสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของพื้น 3 ชนิด ในวิทยาลัย คือ terrazzo ceramic และ quarry ภายใต้สภาวะพื้นเปียก พื้นแห้ง และสภาวะที่ปกคลุมด้วยทราย พบว่าแรงเสียดทานลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อพื้นปกคลุมด้วยทราย แสดงให้เห็นว่า อนุภาคทรายมีผลต่อแรงเสียดทาน แต่มีหัวข้อเกี่ยวกับทฤษฎีงานและพลังงาน ไม่มีการทดลอง เกี่ยวกับงานเนื่องจากแรงเสียดทาน และพลังงาน ดังนั้นผู้วิจัยได้มีแนวคิดในการสร้างชุดการทดลองเพื่อหาค่าระยะหยุดของทรงกลมตันและทรงกลมกลวง และค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของพื้นผิวต่างๆ เพื่อใช้ประกอบการเรียนรู้เรื่อง กฎของนิวตัน แรงเสียดทาน กฎการอนุรักษ์พลังงาน และทฤษฎีงานและพลังงานเป็นต้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

สร้างชุดการทดลองเพื่อหาค่าระยะหยุดของทรงกลมตันและทรงกลมกลวง และค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของพื้นผิวพื้นทรายและพื้นหินเกล็ด

วิธีดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการสร้างชุดการทดลองเกี่ยวกับการวัดระยะหยุดของวัตถุทรงกลมตันมวลมาก และวัตถุทรงกลมกลวงมวลเบาโดยการออกแบบพื้นเอียงเป็นไม้ทรงตันเอียงทำมุม 30 องศากับแนวระดับซึ่งมีรางไม้ติดกับพื้นเอียงยาวขนาด (20.0x50.0x2.50) เซนติเมตร มีการเชื่อมต่อกับรางไม้เป็นราบยาว 1.00 เมตร เราทำการทดลองปล่อยวัตถุทรงกลมตันมวลมากวัดระยะหยุด S_k นำค่าไปคำนวณต่อโดยใช้หลักการทฤษฎีงานและพลังงานโดยพิจารณาระบบทั้งหมด ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงทิศทางการแตกแรงที่เกิดขึ้นกับวัตถุทรงกลมเคลื่อนที่บนพื้นเอียง และบริเวณพื้นทราย

จากรูปที่ 1 ในงานวิจัยนี้พิจารณาวัตถุทรงกลมตันมีมวล m เคลื่อนที่จากพื้นเอียงบริเวณตำแหน่งที่ 1 ด้วยความสูง h เกิดพลังงานศักย์โน้มถ่วงวัตถุทรงกลมตันมวล m เคลื่อนที่ด้วยการหมุนและการเลื่อนที่ เกิดความเร็วของการเคลื่อนที่ทำให้วัตถุทรงกลมตันมีพลังงานจลน์ 2 ชนิด (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2559) ซึ่งในงานวิจัยนี้พิจารณาการเคลื่อนที่ของวัตถุทรงกลมตันมวล m โดยใช้ทฤษฎีงานและพลังงาน $\sum W = \sum E_2 - \sum E_1$ (Serway, R. A. & Jewett, Jr., J. W.,2014) ดังนี้

$$-f_{k1}\,s = \left(\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2\right) - mgh \qquad (1)$$

จากรูปที่ 1 พิจารณาวัตถุทรงกลมตันเคลื่อนที่บนพื้นเอียงทำมุม α จะได้ $h = s\sin(\alpha)$ และวัตถุทรงกลมตันมีโมเมนต์ความเฉื่อย $I = (2/5)mR^2$ และความเร็วเชิงมุม $\omega = v/R$ บนพื้นเอียงมีค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน $f_{k1} = \mu_{k1}mg\cos(\alpha)$ ดังนั้น สมการที่ (1) สามารถเขียนได้เป็นดังนี้

$$-\mu_{k1}mg\cos(\alpha)\,s = \left(\frac{1}{2}\left(\frac{5}{5}\right)mv^2 + \frac{1}{2}\left(\frac{2}{5}mR^2\right)\frac{v^2}{R^2}\right) - mg\,s\sin(\alpha) \qquad (2)$$

$$mg\,s\sin(\alpha) - \mu_{k1}\,mg\cos(\alpha)\,s = \left(\frac{5mv^2 + 2mv^2}{10}\right)$$

$$v^2 = \frac{10}{7}g\,s\left(\sin(\alpha) - \mu_{k1}\cos(\alpha)\right) \qquad (3)$$

$$v = \sqrt{\frac{10}{7}g\,s\left(\sin(\alpha) - \mu_{k1}\cos(\alpha)\right)} \qquad (4)$$

สมการที่ (4) เป็นความเร็วปลายของวัตถุทรงกลมตันเคลื่อนที่มาถึงปลายพื้นเอียง ซึ่งจะเป็นความเร็วเริ่มต้นตอนที่วัตถุทรงกลมตันเคลื่อนที่เข้าสู่พื้นทราย ณ ตำแหน่ง A เคลื่อนที่ต่อด้วยพลังงานจลน์ ดังนั้นเราใช้ทฤษฎีงานและพลังงาน $\sum W_f = \sum E_B - \sum E_A$ ณ ตำแหน่ง B มีความเร็วเป็นศูนย์ ดังนี้

$$-f_{k2}\,S_k = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2 = 0 - \frac{1}{2}mv_A^2$$

$$-\mu_{k2}\,mg\,S_k = -\frac{1}{2}m\left(\frac{10}{7}g\,s\left(\sin(\alpha) - \mu_{k1}\cos(\alpha)\right)\right) \qquad (5)$$

$$\mu_{k2} = \frac{5}{7}\left(\frac{s}{S_k}\right)\left(\sin(\alpha) - \mu_{k1}\cos(\alpha)\right) \quad (6)$$

สมการที่ (6) เป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ระว่างระยะทางบนพื้นเอียง s กับระยะหยุดของวัตถุทรงกลมตันที่เคลื่อนที่บนพื้นทราย และค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานบนพื้นทราย μ_{k2} ในการทดลองนี้เรากำหนดให้ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานบนพื้นเอียง μ_{k1} มีค่าเป็นศูนย์จะทำให้สมการที่ (6) ลดรูปดังนี้

$$\mu_{k2} = \frac{5}{7}\left(\frac{s}{S_k}\right)\sin(\alpha) \quad (7)$$

จากรูปที่ 1 ในงานวิจัยนี้พิจารณาวัตถุทรงกลมกลวงมีมวล m เคลื่อนที่จากพื้นเอียงบริเวณตำแหน่งที่ 1 ด้วยความสูง h เกิดพลังงานศักย์โน้มถ่วงวัตถุทรงกลมกลวงมวล m เคลื่อนที่ด้วยการหมุนและการเลื่อนที่ เกิดความเร็วของการเคลื่อนที่ทำให้วัตถุทรงกลมกลวงมีพลังงานจลน์ 2 ชนิด ซึ่งในงานวิจัยนี้พิจารณาการเคลื่อนที่ของวัตถุทรงกลมกลวงมวล m ซึ่งมีโมเมนต์ความเฉื่อย $I = (2/3)\,mR^2$ โดยใช้ทฤษฎีงานและพลังงาน $\sum W = \sum E_2 - \sum E_1$ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2559) ใช้หลักการคำนวณเหมือนวัตถุทรงกลมตัน จะได้สมการค่าสัมประสิทธิ์สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานบนพื้นทราย μ_{k2} ดังนี้

$$\mu_{k2} = \frac{3}{5}\left(\frac{s}{S_k}\right)\left(\sin(\alpha) - \mu_{k1}\cos(\alpha)\right) \quad (8)$$

ในการทดลองนี้เรากำหนดให้ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานบนพื้นเอียง μ_{k1} มีค่าเป็นศูนย์จะทำให้สมการที่ (8) ลดรูปดังนี้

$$\mu_{k2} = \frac{3}{5}\left(\frac{s}{S_k}\right)\sin(\alpha) \quad (9)$$

การสร้างอุปกรณ์ชุดการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์เสียดทานของพื้นทรายและพื้นเกล็ด

วัสดุอุปกรณ์

1. รางไม้ 2 ขนาด ดังนี้		
1.1 รางไม้ที่ 1 (ขนาด 20.0x100.0x2.50 เซนติเมตร)	1	ราง
1.2 รางไม้ที่ 2 (ขนาด 20.0x50.0x2.50 เซนติเมตร)	1	ราง
2 ทรายสำหรับปูพื้น 2 ประเภท ดังนี้		
2.1 ทรายละเอียด (ขนาดอนุภาค 0.500 - 1.500 มิลลิเมตร)	1	ลิตร
2.2 ทรายหยาบ (ขนาดอนุภาค 3.000 - 4.700 มิลลิเมตร)	1	ลิตร
3 หินเกล็ด (ขนาดอนุภาค 8.000 – 9.000 มิลลิเมตร)	1	ลิตร
4 วัตถุที่ใช้ปล่อย		
4.1 วัตถุทรงกลมตันมวลเบา	1	ลูก
4.2 วัตถุทรงกลมตันมวลหนัก	1	ลูก
5 ขวดฉีดละอองน้ำ	1	อัน
6 ไม้ครึ่งวงกลม	1	อัน
7 แผ่นใส (ขนาด 20x40 เซนติเมตร)	1	แผ่น

8 เครื่องชั่งดิจิตอล	1	เครื่อง
9 เวอร์เนียคาลิปเปอร์ (ความละเอียด 0.02 มิลลิเมตร)	1	อัน

นำอุปกรณ์ข้อที่ 1-3 มาประกอบกันเป็นชุดการทดลองหาค่าระยะหยุดของวัตถุทรงกลมตัน และวัตถุทรงกลมกลวง และหาค่าสัมประสิทธิ์เสียดทานของพื้นทรายละเอียด และพื้นทรายยาบและพื้นเกล็ด



รูปที่ 2 แสดงชุดการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของพื้นทรายและพื้นหินเกล็ด

ขั้นตอนการทดลอง

1. นำรางไม้ทั้ง 2 ขนาดมาต่อกัน โดยรางไม้ที่ 2 เอียงทำมุม 30 องศากับแนวระดับ รางไม้ที่ 1 ใช้บรรจุทรายและหิน (K.W.Li et al., 2007) ดังรูปที่ 2 โดยพื้นทรายและพื้นหินแต่ละชนิดจะมีการแบ่งลักษณะพื้นเป็น 2 แบบ ได้แก่ พื้นแห้งและพื้นเปียก

2. นำทรายละเอียดที่มีขนาด 0.500 – 1.500 มิลลิเมตร จำนวน 1 ลิตร เทลงบนรางไม้ในแนวราบเกลี่ยให้เรียบเสมอกัน

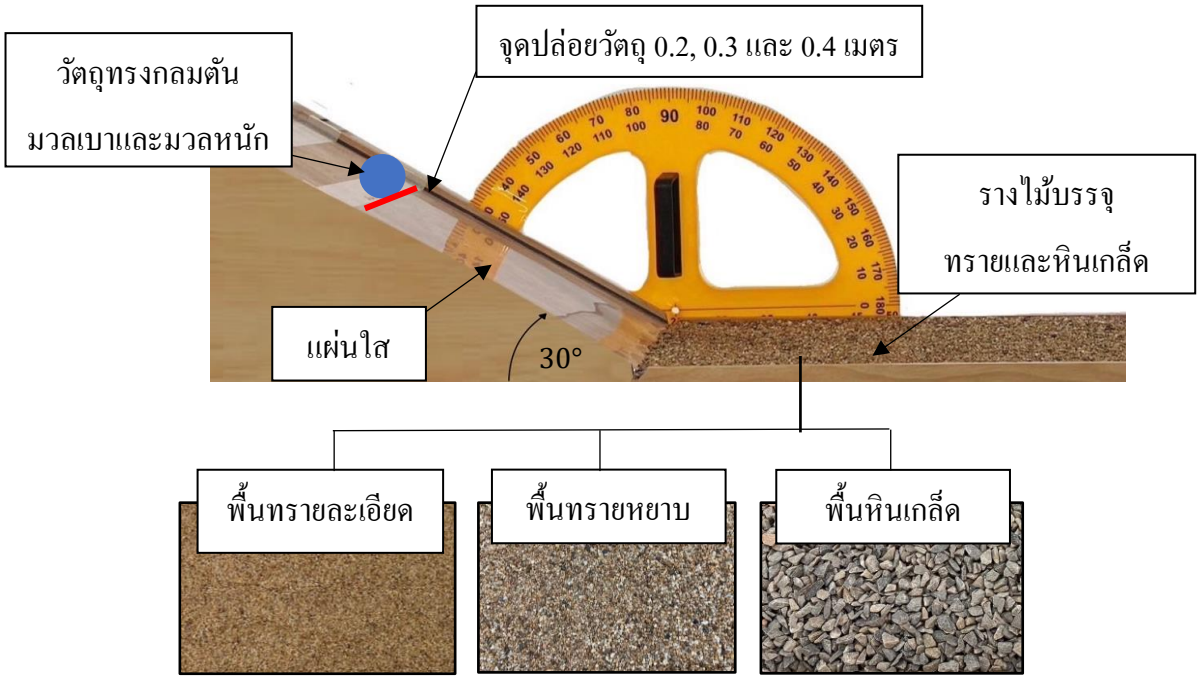
3. จากนั้นนำวัตถุทรงกลมตันมวลเบา ไปวางที่จุดปล่อยบนรางไม้ที่ทำมุม 30 องศากับแนวราบ ระยะ 0.2, 0.3 และ 0.4 เมตร ในการปล่อยแต่ละระยะจะมีการทดลองซ้ำ 10 ครั้ง ใช้ไม้เมตรในการหาค่าระยะหยุดของวัตถุทรงกลมตันมวลเบา พร้อมบันทึกลงในตารางผลการทดลอง แล้วนำค่าระยะหยุดเฉลี่ยที่ได้ไปหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน กำหนดลักษณะพื้นของการทดลองนี้ คือ พื้นแห้ง

4. ทำการทดลองซ้ำในข้อที่ 2 - 3 โดยเปลี่ยนเป็นทรายหยาบขนาด 3.000 - 4.700 มิลลิเมตร และหินเกล็ด ขนาด 8.00 – 9.00 มิลลิเมตร (โรสลีนา จาราแว, และคณะ., 2560)

5. กำหนดลักษณะพื้นการทดลอง คือ พื้นเปียก โดยใช้ขวดฉีดละอองน้ำฉีดละอองน้ำลงบนทรายและหินแต่ละชนิดที่นำมาทดลอง จำนวน 40 ปั๊ม และทำการทดลองซ้ำในข้อที่ 2 - 4

6. ใช้วัตถุทรงกลมตันมวลหนักในการปล่อย และทำการทดลองซ้ำในข้อที่ 2-5

ในโครงงานนี้ ผู้ศึกษากำหนดให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของพื้นเอียง μ_{k1} เป็น ศูนย์ โดยติดแผ่นใสที่พื้นเอียง ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงการจัดอุปกรณ์การทดลองเพื่อหาระยะหยุดของวัตถุทรงกลมกลวง และทรงกลมตัน

ตารางที่ 1 ตารางแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ

ตัวแปรต้น		ตัวแปรควบคุม	ตัวแปรตาม
พื้นทรายและพื้นหินเกล็ด	มวลของวัตถุที่ใช้ปล่อย	ระยะปล่อยวัตถุ (เมตร)	
แห้ง	มวลหนัก	S = 0.2 S = 0.3 S = 0.4	S_k =ระยะหยุดของวัตถุ (เมตร) μ_{k2} = ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของพื้นราบ
เปียก	มวลเบา		
แห้ง	มวลหนัก	S = 0.2 S = 0.3 S = 0.4	S_k =ระยะหยุดของวัตถุ (เมตร) μ_{k2} = ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของพื้นราบ
เปียก	มวลเบา		

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

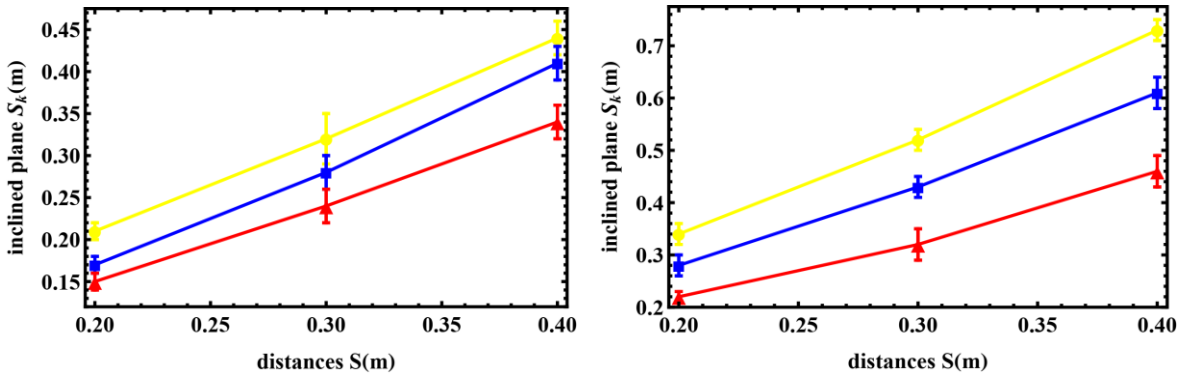
ผลการทดลองวัตถุทรงกลมตันมวลหนักเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.53 เซนติเมตร มวล 2.07 x10^{-2} กิโลกรัม แสดงผลการทดลอง เมื่อปล่อยวัตถุทรงกลมตัน ที่ระยะปล่อย 0.2 เมตร 0.3 เมตร และ 0.4 เมตร ตามลำดับ ดังนี้

ตารางที่ 2 ผลการทดลองโดยใช้วัตถุทรงกลมตันมวลหนัก

พื้น	ระยะปล่อยของวัตถุ s (เมตร)	ระยะหยุดของวัตถุ S_k (เมตร)			ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน μ_{k2}		
		ทรายละเอียด	ทรายหยาบ	หินเกล็ด	ทรายละเอียด	ทรายหยาบ	หินเกล็ด
แห้ง	0.2	0.21±0.01	0.17±0.01	0.15±0.01	0.341	0.420	0.476
	0.3	0.32±0.03	0.28±0.02	0.24±0.02	0.335	0.383	0.446
	0.4	0.44±0.02	0.41±0.02	0.34±0.02	0.326	0.348	0.420
เปียก	0.2	0.34±0.02	0.28±0.02	0.22±0.01	0.210	0.255	0.325
	0.3	0.52±0.02	0.43±0.02	0.32±0.03	0.206	0.249	0.334
	0.4	0.73±0.02	0.61±0.03	0.46±0.03	0.195	0.234	0.311

วัตถุทรงกลมตันมวลหนัก 2.07x10^{-2} กิโลกรัม มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.53 เซนติเมตร ระยะหยุดของวัตถุ S_k มีค่าแปรผันโดยตรงกับระยะปล่อยวัตถุ s พิจารณาพื้นทรายและหินเกล็ด แบบแห้ง ถ้าระยะปล่อยวัตถุ มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 0.2 0.3 และ 0.4 เมตร จะได้ระยะหยุดของวัตถุบนพื้นทรายละเอียดเป็น 0.21±0.01, 0.32±0.03 และ 0.44±0.02 เมตร ตามลำดับ และมีค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานลดลงจาก 0.341, 0.335 และ 0.326 ตามลำดับ ต่อมาพื้นทรายหยาบ ถ้าระยะปล่อยวัตถุมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 0.2 0.3 และ 0.4 เมตร จะได้ระยะหยุดของวัตถุบนพื้นทรายหยาบเป็น 0.17±0.01 0.28±0.02 และ 0.41±0.02 เมตร ตามลำดับ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานมีค่าลดลงจาก 0.420 0.383 และ 0.348 ตามลำดับ ถ้าระยะปล่อยของวัตถุ มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 0.2 0.3 และ0.4 เมตร จะได้ระยะหยุดของวัตถุบนพื้นหินเกล็ดเป็น 0.15±0.01 0.24±0.02 และ 0.34±0.02 เมตร ตามลำดับ และมีค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน 0.476 0.446 และ 0.420 ตามลำดับ ต่อมาพิจารณาพื้นทรายและหินเกล็ด ต่อมาแบบเปียก ถ้าระยะปล่อยของวัตถุ มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 0.2 0.3 และ 0.4 เมตร จะได้ระยะหยุดของวัตถุบนพื้นทรายละเอียดเป็น 0.34±0.02 0.52±0.02 และ0.73±0.02 เมตร ตามลำดับ และมีค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานเป็น 0.210 0.206 และ 0.195 ตามลำดับ ส่วนกรณีพื้นทรายหยาบ ถ้าระยะปล่อย วัตถุมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 0.2 0.3 และ 0.4 เมตร จะได้ระยะหยุดของวัตถุบนพื้นทรายหยาบเป็น 0.28±0.02 0.43±0.02 และ0.61±0.03 เมตร ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานมีค่า 0.255 0.249 และ0.234 ตามลำดับ ถ้าระยะปล่อยวัตถุมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 0.2 0.3 และ0.4 เมตร จะได้ระยะหยุดของวัตถุบนพื้นหินเกล็ดเป็น 0.22±0.01, 0.32±0.03 และ 0.46±0.03 เมตร ตามลำดับ และมีค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน 0.325 0.334 และ 0.311 ตามลำดับ

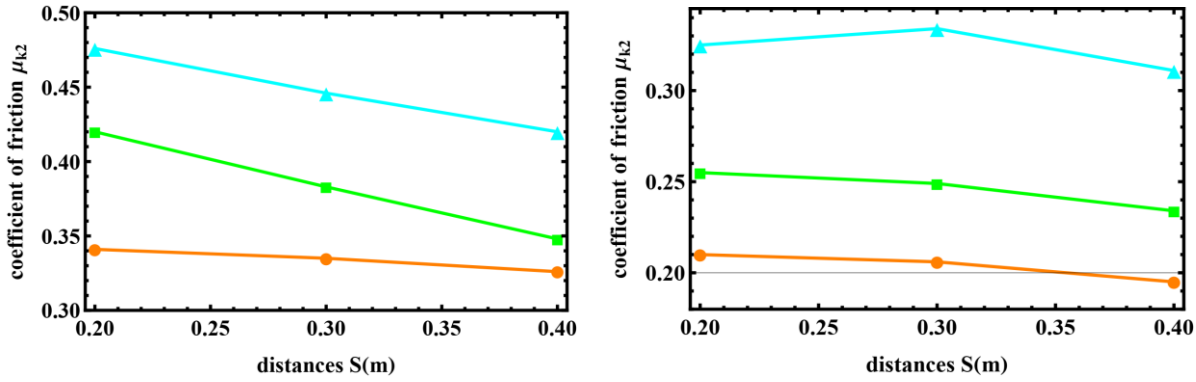
จากตารางที่ 2 สามารถทำการเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะปล่อยวัตถุทรงกลมตันกับระยะหยุดของวัตถุบนพื้นทรายแห้ง ดังรูปที่ 4(a) และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะปล่อยวัตถุทรงกลมตันกับระยะหยุดของวัตถุบนพื้นทรายเปียกดังรูปที่ 4(b)



(a) (b)

รูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะปล่อยวัตถุทรงกลมตันมวลหนักกับระยะหยุดของวัตถุบนพื้นทราย (a) กราฟระยะปล่อยวัตถุทรงกลมตันกับระยะหยุดของวัตถุบนพื้นทรายแห้ง (b) กราฟระยะปล่อยวัตถุทรงกลมตันกับระยะหยุดของวัตถุบนพื้นทรายเปียก

จากรูปที่ 4 เส้นกราฟสีเหลืองเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะปล่อยวัตถุทรงกลมตันมวลหนักกับระยะหยุดของวัตถุบนพื้นทรายละเอียดแบบแห้งรูปที่ 4(a) และพื้นทรายละเอียดแบบเปียกรูปที่ 4(b) เส้นกราฟสีน้ำเงินเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะปล่อยวัตถุทรงกลมตันมวลหนักกับระยะหยุดของวัตถุบนพื้นทรายหยาบแบบแห้งรูปที่ 4(a) และพื้นทรายหยาบแบบเปียกรูปที่ 4(b) และเส้นกราฟสีแดงเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะปล่อยวัตถุทรงกลมตันมวลหนักกับระยะหยุดของวัตถุบนพื้นหินเกล็ดแบบแห้งรูปที่ 4(a) และพื้นทรายหินเกล็ดแบบเปียกรูปที่ 4(b)



(a) (b)

รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะปล่อยวัตถุทรงกลมตันมวลหนักกับค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานบนพื้นทราย (a) กราฟระหว่างระยะปล่อยวัตถุทรงกลมตันมวลหนักกับค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานบนพื้นทรายแห้ง (b) กราฟระหว่างระยะปล่อยวัตถุทรงกลมตันมวลหนักกับค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานบนพื้นทรายเปียก

จากรูปที่ 5 เส้นกราฟสีน้ำตาลเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะปล่อยวัตถุทรงกลมตันมวลหนักกับค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานบนพื้นทรายละเอียดแบบแห้งรูปที่ 5(a) และพื้นทรายละเอียดแบบเปียกรูปที่

5(b) เส้นกราฟสีเขียวเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะปล่อยวัตถุทรงกลมตันมวลหนักกับค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานบนพื้นทรายหยาบแบบแห้งรูปที่ 5(a) และพื้นทรายหยาบแบบเปียกรูปที่ 5(b) และเส้นกราฟสีฟ้าน้ำทะเลเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะปล่อยวัตถุทรงกลมตันมวลหนักกับค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานบนพื้นหินเกล็ดแบบแห้งรูปที่ 5(a) และพื้นทรายหินเกล็ดแบบเปียกรูปที่ 5(b)

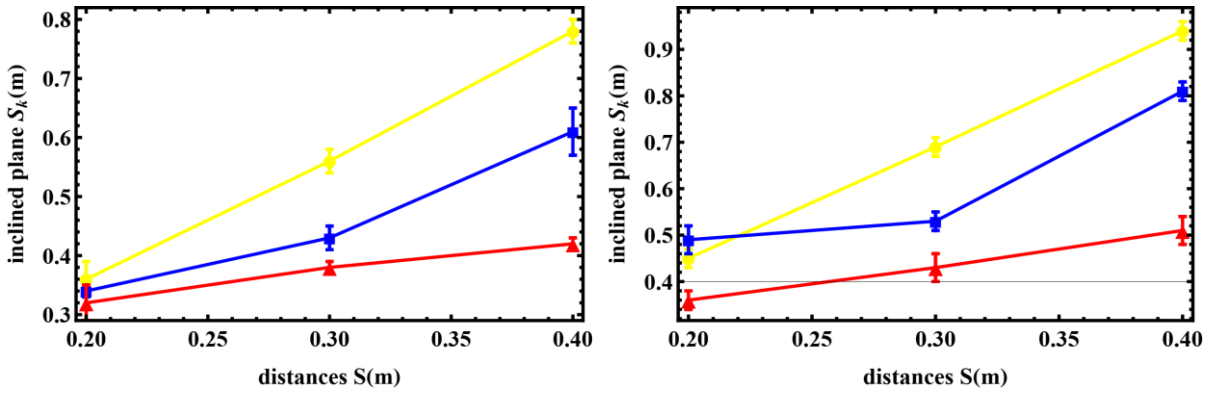
ผลการทดลองวัตถุทรงกลมกลวงมวลเบาเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.98 เซนติเมตร มวล 6.75 x10^{-3} กิโลกรัม เมื่อปล่อยวัตถุทรงกลมกลวงมวลเบาที่ระยะปล่อย 0.2 0.3 และ 0.4 เมตร ตามลำดับ พื้นการทดลองแบบแห้งและเปียก ดังนี้

ตารางที่ 3 สรุปผลการทดลองโดยใช้วัตถุทรงกลมกลวงมวลเบา

พื้น	ระยะปล่อยของวัตถุ s (เมตร)	ระยะหยุดของวัตถุ S_k (เมตร)			ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน μ_{k2}		
		ทรายละเอียด	ทรายหยาบ	หินเกล็ด	ทรายละเอียด	ทรายหยาบ	หินเกล็ด
แห้ง	0.2	0.36±0.03	0.34±0.01	0.32±0.03	0.167	0.176	0.188
	0.3	0.56±0.02	0.43±0.02	0.38±0.01	0.161	0.209	0.237
	0.4	0.78±0.02	0.61±0.04	0.42±0.01	0.154	0.197	0.286
เปียก	0.2	0.45±0.02	0.49±0.03	0.36±0.02	0.133	0.122	0.167
	0.3	0.69±0.02	0.53±0.02	0.43±0.03	0.130	0.169	0.209
	0.4	0.94±0.02	0.81±0.02	0.51±0.03	0.128	0.148	0.235

วัตถุทรงกลมกลวงมวลเบา 6.75x10^{-3} กิโลกรัม เส้นผ่านศูนย์กลาง 3.98 เซนติเมตร ระยะหยุดของวัตถุ S_k มีค่าแปรผันโดยตรงกับระยะปล่อยวัตถุ s พิจารณาพื้นทรายและหินเกล็ด แบบแห้ง ถ้าระยะปล่อยวัตถุมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 0.2 0.3 และ 0.4 เมตร จะได้ระยะหยุดของวัตถุบนพื้นทรายละเอียดเป็น 0.36±0.03 0.56±0.02 และ 0.78±0.02 เมตร ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานเป็น 0.167 0.161 และ 0.154 ตามลำดับ ส่วนพื้นทรายหยาบ ถ้าระยะปล่อยวัตถุมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 0.2 0.3 และ 0.4 เมตร จะได้ระยะหยุดของวัตถุบนพื้นทรายหยาบเป็น 0.34±0.01 0.43±0.02 และ 0.61±0.04 เมตร ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานเป็น 0.176 0.209 และ 0.197 ตามลำดับ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานไม่สอดคล้องกับสมการที่ (9) ที่ว่าเมื่อระยะหยุดของวัตถุเพิ่มจะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานลด ที่เป็นเช่นนี้ เพราะว่าเม็ดทรายหยาบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่เมื่อเทียบกับทรายละเอียด ส่งผลให้เม็ดทรายมีสภาพแรงต้านทานการเคลื่อนที่มาก เมื่อทดลองโดยใช้วัตถุทรงกลมกลวงมวลเบา จึงทำให้ระยะหยุดของวัตถุน้อยกว่าทรายละเอียด อีกเหตุผลหนึ่งขนาดของวัตถุทรงกลมกลวงมวลเบามีรอยต่อของพื้นผิวทำให้การเคลื่อนที่ไม่สมบูรณ์ ถ้าระยะปล่อยของวัตถุเพิ่มขึ้นเป็น 0.2 0.3 และ 0.4 เมตร จะได้ระยะหยุดของวัตถุบนพื้นหินเกล็ดเป็น 0.32±0.03 0.38±0.01 และ 0.42±0.01 เมตร ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานเป็น 0.188 0.237 และ 0.286 ตามลำดับ ซึ่งไม่สอดคล้องกับสมการที่ (9) เพราะว่าเม็ดหินเกล็ดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่เมื่อเทียบกับทรายหยาบและทรายละเอียด ส่งผลให้เม็ดทรายมีสภาพแรงต้านทานการเคลื่อนที่มาก เมื่อทดลองโดยใช้วัตถุทรงกลมกลวงมวลเบา ค่าระยะหยุดของวัตถุจึงน้อยกว่าทรายหยาบและทรายละเอียด อีกเหตุผลหนึ่งขนาดของวัตถุทรงกลมกลวงมวลเบามีรอยต่อของพื้นผิวทำให้การเคลื่อนที่ไม่สมบูรณ์ พิจารณาพื้นทรายและหินเกล็ด แบบเปียก ถ้าระยะปล่อยวัตถุเพิ่มขึ้นจาก 0.2 0.3 และ 0.4 เมตร

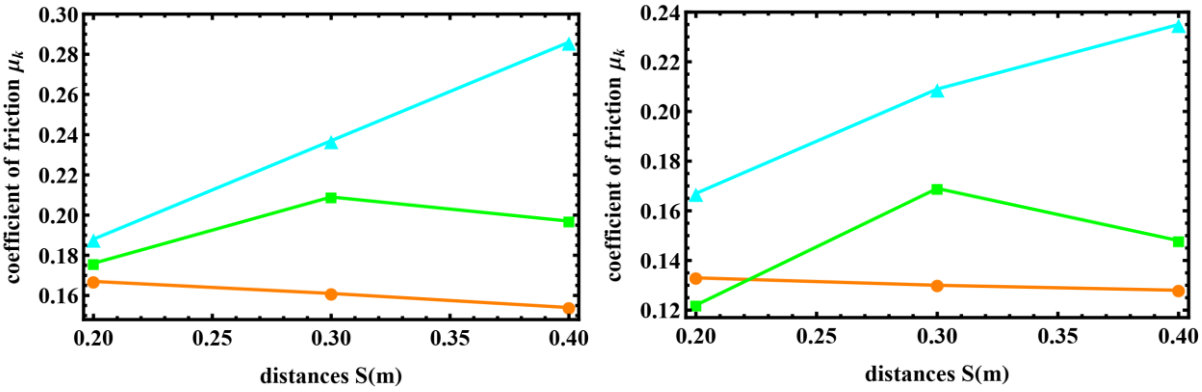
จะได้ระยะหยุดของวัตถุบนพื้นทรายละเอียดเป็น 0.45±0.02 0.69±0.02 และ 0.94±0.02 เมตร ตามลำดับ และค่าสัมประสิทธิ์เสียดทานลดลงเป็น 0.133 0.130 และ 0.128 ตามลำดับ ส่วนพื้นทรายหยาบ ถ้าระยะปล่อยวัตถุมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 0.2 0.3 และ 0.4 เมตร จะได้ระยะหยุดของวัตถุบนพื้นทรายหยาบเป็น 0.49±0.03 0.53±0.02 และ 0.81±0.02 เมตร ตามลำดับ แต่ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานมีค่า 0.122 0.169 และ 0.148 ตามลำดับ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานไม่สอดคล้องกับสมการที่ (9) เป็นเพราะเหตุผลว่า เม็ดหินเกล็ดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่าทรายหยาบและทรายละเอียดส่งผลให้มีสภาพแรงต้านทานการเคลื่อนที่มาก จึงทำให้ค่าระยะหยุดของวัตถุน้อยกว่าทรายละเอียด อีกเหตุผลหนึ่งขนาดของวัตถุทรงกลมกลวงมวลเบามีรอยต่อของพื้นผิวทำให้การเคลื่อนที่ไม่สมบูรณ์ ถ้าระยะปล่อยของวัตถุ มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 0.2 0.3 และ 0.4 เมตร จะได้ระยะหยุดของวัตถุบนพื้นหินเกล็ดเป็น 0.36±0.02 0.43±0.03 และ 0.51±0.03 เมตร ตามลำดับ แต่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานขนาดเพิ่มขึ้นจาก 0.167 0.209 และ 0.235 ตามลำดับ ซึ่งไม่สอดคล้องกับสมการที่ (9) เป็นเพราะเหตุผลว่า ขนาดของเม็ดหินเกล็ดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่าทรายหยาบและทรายละเอียดจะส่งผลให้เม็ดทรายมีสภาพแรงต้านทานการเคลื่อนที่มากของวัตถุทรงกลมตันมวลเบา จึงทำให้ค่าระยะหยุดของวัตถุน้อยกว่าทรายหยาบและทรายละเอียด อีกเหตุผลหนึ่งขนาดของวัตถุทรงกลมกลวงมวลเบามีรอยต่อของพื้นผิวทำให้การเคลื่อนที่ไม่สมบูรณ์ จากตารางที่ 3 สามารถทำการเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะปล่อยวัตถุทรงกลมกลวงมวลเบากับระยะหยุดของวัตถุบนพื้นทรายแห้งและบนพื้นทรายเปียก ดังรูปที่ 6 และทำการเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะปล่อยวัตถุทรงกลมกลวงมวลเบากับค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานบนพื้นทรายแห้งและบนพื้นทรายเปียก ดังรูปที่ 7 ตามลำดับดังนี้



(a) (b)

รูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะปล่อยวัตถุทรงกลมกลวงมวลเบากับระยะหยุดของวัตถุบนพื้นทราย (a) กราฟระยะปล่อยวัตถุทรงกลมกลวงมวลเบากับระยะหยุดของวัตถุบนพื้นทรายแห้ง (b) กราฟระยะปล่อยวัตถุทรงกลมกลวงมวลเบากับระยะหยุดของวัตถุบนพื้นทรายเปียก

จากรูปที่ 6 เส้นกราฟสีเหลืองเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะปล่อยวัตถุทรงกลมกลวงมวลเบากับระยะหยุดของวัตถุบนพื้นทรายละเอียดแบบแห้งรูปที่ 6(a)และพื้นทรายละเอียดแบบเปียกรูปที่ 6(b) เส้นกราฟสีน้ำเงินเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะปล่อยวัตถุทรงกลมกลวงมวลเบากับระยะหยุดของวัตถุบนพื้นทรายหยาบแบบแห้งรูปที่ 6(a)และพื้นทรายหยาบแบบเปียกรูปที่ 6(b) และเส้นกราฟสีแดงเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะปล่อยวัตถุทรงกลมกลวงมวลเบากับระยะหยุดของวัตถุบนพื้นหินเกล็ดแบบแห้งรูปที่ 6(a)และพื้นทรายหินเกล็ดแบบเปียกรูปที่ 6(b)



(a) (b)

รูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะปล่อยวัตถุทรงกลมกลวงมวลเบากับค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานบนพื้นทราย (a) กราฟระหว่างระยะปล่อยวัตถุทรงกลมกลวงมวลเบากับค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานบนพื้นทรายแห้ง (b) กราฟระหว่างระยะปล่อยวัตถุทรงกลมกลวงมวลเบากับค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานบนพื้นทรายเปียก

จากรูปที่ 7 เส้นกราฟสีน้ำตาลเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะปล่อยวัตถุทรงกลมกลวงมวลเบากับค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานบนพื้นทรายละเอียดแบบแห้งรูปที่ 7(a) และพื้นทรายละเอียดแบบเปียกรูปที่ 7(b) เส้นกราฟสีเขียวเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะปล่อยวัตถุทรงกลมกลวงมวลเบากับค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานบนพื้นทรายหยาบแบบแห้งรูปที่ 7(a) และพื้นทรายหยาบแบบเปียกรูปที่ 7(b) และเส้นกราฟสีฟ้าน้ำทะเลเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะปล่อยวัตถุทรงกลมกลวงมวลเบากับค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานบนพื้นหินเกล็ดแบบแห้งรูปที่ 7(a) และพื้นทรายหินเกล็ดแบบเปียกรูปที่ 7(b)

สรุปผลการวิจัย

ระยะปล่อยวัตถุ ระยะหยุดของวัตถุ และค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน สอดคล้องกับทฤษฎีงานและพลังงาน ผลการทดลองพบว่า วัตถุทรงกลมตันมวลหนัก 2.07×10^{-2} กิโลกรัม มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.53 เซนติเมตร ระยะหยุดของวัตถุ มีค่าแปรผันโดยตรงกับระยะปล่อยวัตถุแต่แปรผกผันกับค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน และ วัตถุทรงกลมกลวงมวลเบา 6.75×10^{-3} กิโลกรัม เส้นผ่านศูนย์กลาง 3.98 เซนติเมตร ระยะหยุดของวัตถุ มีค่าแปรผันโดยตรงกับระยะปล่อยวัตถุแต่แปรผกผันกับค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำขอขอบคุณอาจารย์ฐิติวัลคุ์ สีหไตร และอาจารย์เกรียงไกร สมคำ อาจารย์ที่ปรึกษาของงานวิจัยนี้ได้ให้คำแนะนำและแนวทางในการทำงานวิจัยฉบับนี้อย่างต่อเนื่อง ทั้งในด้านวิชาการและการปฏิบัติ ทำให้งานวิจัยนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ และขอขอบคุณโรงเรียนวิทยานุกูลนารีที่อำนวยความสะดวกสถานที่ และอุปกรณ์

เอกสารอ้างอิง

ณัฏฐิกา สมัยมงคล. (2557). *ออกแบบและพัฒนาชุดทดลองพื้นเอียงเพื่อวัดสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน* (วิทยานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา)). จันทบุรี: มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.

โรสลีนา จาราแว, ดาริกา จาเอาะ, นัสรีนา เจ๊ะมะ, และฮูเซ็ง ชายดานา. (2560). ชุดทดลองสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของพื้นผิว**.** *การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 6: เรื่อง สร้างสรรค์งานวิจัยเพื่อขับเคลื่อนประเทศสู่ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืนในยุค Thailand 4.0* (น. 1822-1837). ปัตตานี: มหาวิทยาลัยฟาฏอนี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2559). *หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 1* (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2559). *หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2* (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

Li, K. W., Hsu, Y. W., Chang, W. R., & Lin, C. H. (2007). Friction measurements on three commonly used floors on a college campus under dry, wet and sand-covered conditions. *Safety Science*, *45*(9), 980-992.

Serway, R. A., John W., & Jewett, Jr. (2014). *Physics For Scientists & Engineers with Modern Physics* (9th ed.). USA: Brooks/Cole.

Received: September 24, 2024 Revised: November 25, 2024
Accepted: December 8, 2024 Published: December 25, 2024

การคำนวณระยะทางของกระจุกดาวเปิด NGC 2126 จากดาวแปรแสง
Distance Calculation of the Open Cluster NGC 2126 using a Variable Star

พิมมาดา เงียบกิ่ง[1] พิยดา พุ่มนอก[1*] นุชนาฏ กรินสูงเนิน[1] และทวีชัย ชนม์สูงเนิน[1]
Pimmada Ngiabking[1] Phiyada Phumnok[1*] Nutchanat Krinsungnoen[1]
and Thaweechai Chonsungnoen[1]

[1]หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
[1]Bachelor of Education Program in Physics, Faculty of Education, Nakhon Ratchasima Rajabhat University
[*]a0855658496@gmail.com

บทคัดย่อ

การหาระยะทางของกระจุกดาวเปิด NGC 2126 จากดาวแปรแสง V550 Aur ที่อยู่ในกระจุกดาวเปิดนี้ โดยใช้ข้อมูลจากการสังเกตการณ์ ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา นครราชสีมา ด้วยกล้องถ่ายภาพ ซีซีดี ผ่านแผ่นกรองแสงช่วงความยาวคลื่นที่ตาเห็นเฉลี่ยเชื่อมเข้ากับกล้องโทรทรรศน์เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เมตร ในวันที่ 7 พฤศจิกายน และ วันที่ 6 ธันวาคม พ.ศ. 2566 ผลการคำนวณคาบการแปรแสงของดาวแปรแสง V550 Aur คือ 0.083 วัน (ความถี่ 12.048 รอบต่อวัน) ค่าโมดูลัสระยะทาง (m-M) = 11.19 และระยะทางเท่ากับ 1.7 กิโลพาร์เซก ดังนั้นระยะทางของกระจุกดาว NGC 2126 เท่ากับ 1.7 กิโลพาร์เซก

คำสำคัญ: กระจุกดาว NGC 2126; ระยะทาง; ดาวแปรแสง

Abstract

The aim of this research was to find the distance of an open cluster, NGC 2126, using a variable star V550 Aur within this open cluster. The data was obtained at the Regional Observatory for Public, Nakhon Ratchasima (ROP-NMA) using a CCD camera in *V* filter which connected to the 0.7 meter reflecting telescope on 7 November and 6 December 2023. The calculated result is that the period of the variable stars, V550 Aur is 0.083 days (frequency 12.048 cycles per day) with distance modulus (m-M) of 11.19 and the distance of 1.7 kpc. The calculation yields the distance of the NGC 2126 cluster equals of 1.7 kpc.

Keywords: NGC 2126; Distance; Variable star

บทนำ

ดาราศาสตร์เป็นสาขาวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับวัตถุท้องฟ้าที่เห็นบนท้องฟ้าในยามค่ำคืน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นดาวฤกษ์ และการศึกษาดาวฤกษ์จะศึกษาจากกระจุกดาว เพราะกระจุกดาวเป็นแหล่งรวมดาวฤกษ์หลายร้อยดวง (จิรัฐิติกานต์ ธัญญาหาร และคณะ, 2559) กระจุกดาวจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ กระจุกดาวเปิด (Open Cluster) และกระจุกดาวทรงกลม (Globular Cluster) (อัญชลี ยะกุณะ, 2558) ดาวฤกษ์ในกระจุกดาวจะมีตำแหน่งห่างจากโลกในระยะทางที่เท่ากัน มีองค์ประกอบทางเคมีที่คล้ายกัน และเกิดในช่วงเวลาเดียวกัน กระจุกดาวจึงเป็นวัตถุท้องฟ้าที่ใช้ศึกษาสมบัติทางกายภาพของดาวฤกษ์ เป็นตัววัดระยะทางและอายุของเอกภพ (จิรัฐิติกานต์ ธัญญาหาร และคณะ, 2559) นอกจากดาวฤกษ์ภายในกระจุกดาวยังมีการค้นพบดาวแปรแสงซึ่งสามารถนำมาวิเคราะห์หาระยะทางของกระจุกดาว (Yepez *et al*., 2017)

NGC 2126 เป็นกระจุกดาวเปิด (Open Cluster) อยู่ตำแหน่ง RA_{2000} = 06^{h} 02^{m} 55^{s},Dec_{2000} = $+49^{\circ}52'$ โดยมีสมาชิกหลายร้อยดวงกระจัดกระจายอยู่ในพื้นที่ 5′- 6′ ในกลุ่มดาวสารถี (Lynga, 1987) การตรวจวัดด้วยแสงครั้งแรกจัดทำขึ้นโดยใช้การสังเกตด้วยภาพถ่ายสีน้ำเงินและสีแดง (4300-6200 Å) (Cuffey, 1943) ซึ่งประมาณระยะห่างจาก NGC 2126 เท่ากับ 950 พาร์เซก ต่อมา Gaspar และคณะ ได้ดำเนินการสังเกตการณ์โฟโตเมตริก CCD ผ่านแผ่นกรองแสง V, R_C และ I_C ครั้งแรก (Gaspar *et al*., 2003) ใน ปี ค.ศ. 2009 Shun-Fang Liu และคณะ ได้สังเกตกระจุกดาว NGC 2126 ด้วยกล้องโทรทรรศน์ชมิท (Schmidt telescope) พบดาวแปรแสง 5 ดวงในกระจุกดาว NGC 2126 โดยดาวแปรแสงที่โดดเด่นที่สุด คือ RS CVn พารามิเตอร์ทางกายภาพของกระจุกดาวเปิด NGC 2126 คือ ความเป็นโลหะ Z = 0.008 $Z_{\odot}$, ค่า log(t) = 8.95, โมดูลัสระยะทาง (m – M) = 10.34 (Shun-Fang Liu, 2009) อย่างไรก็ตามการหาระยะทางของกระจุกดาวยังสามารถวิเคราะห์ได้จากดาวแปรแสงที่เป็นสมาชิกในกระจุกดาวได้ เช่นในปีค.ศ. 2017 Yepez ได้ศึกษาการหาระยะทางของกระจุกดาว NGC 6934 โดยใช้ดาวแปรแสงด้วยเทคนิคโฟโตเมทรี ซึ่งผลการคำนวณพบว่ากระจุกดาว NGC 6934 มีค่าระยะทางเท่ากับ 16.03±0.42 กิโลพาร์เซก (Yepez *et al*., 2017) และในปี ค.ศ. 2018 Peña และคณะ ได้หาระยะทางของกระจุกดาว M14 ด้วยดาวแปรแสงจากสมการโมดูลัสระยะทางและความสัมพันธ์ระหว่างคาบ - กำลังส่องสว่าง พบว่ากระจุกดาว M14 มีระยะทางระหว่าง 9-12 กิโลพาร์เซก (Peña *et al*., 2018) ล่าสุดของ Chehlaeh และคณะ (2018) ได้คำนวณระยะทางของกระจุกดาว NGC 2126 เท่ากับ 1.4 กิโลพาร์เซก โดยใช้ดาวแปรแสงและระบบดาวคู่อุปราคา

จากข้อมูลการหาระยะทางของกระจุกดาวที่สามารถใช้ดาวแปรแสงเป็นวัตถุตรวจวัดโดยใช้สมการโมดูลัสระยะทางและโชติมาตรสัมบูรณ์ คณะผู้วิจัยจึงจะทำการหา ระยะทางของกระจุกดาว NGC 2126 ด้วยกระบวนการโมดูลัสระยะทาง โดยใช้ข้อมูลจากการสังเกตการณ์ที่หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา นครราชสีมา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ในระหว่างวันที่ 7 พฤศจิกายน พ.ศ. 2566 และ 6 ธันวาคม พ.ศ. 2566 เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้กับการศึกษาด้วยกระบวนการอื่นในอดีต

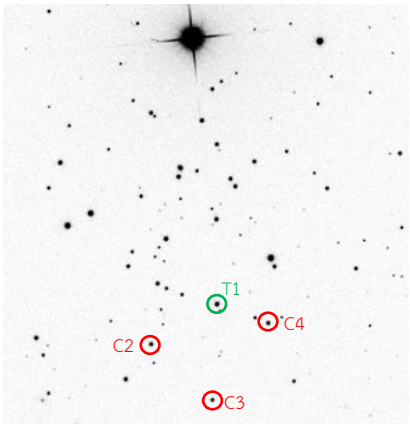
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาหาระยะทางของกระจุกดาว NGC 2126 จากดาวแปรแสง

วิธีดำเนินการวิจัย

การหาระยะทางของกระจุกดาว NGC 2126 ด้วยดาวแปรแสง V550 Aur ในครั้งนี้ ได้ดำเนินการระหว่างวันที่ 7 พฤศจิกายน พ.ศ. 2566 และ 6 ธันวาคม พ.ศ. 2566 ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระ

ชนมพรรษา นครราชสีมา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) โดยกล้อง CCD photometry ที่เชื่อมต่อกับกล้องโทรทรรศน์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เมตร ผ่านแผ่นกรองแสงในช่วงความยาวคลื่นแสงที่ตามองเห็นเฉลี่ย (V) ใช้โปรแกรม Maxim DL Pro 6 ในการถ่ายภาพ โดยการควบคุมการถ่ายภาพจากระยะไกลผ่าน Planewave Interface ใช้เวลาเปิดหน้ากล้องบันทึกข้อมูล (Exposure time) 120 วินาที รูปที่ 1 นำภาพถ่ายที่ได้มาจำกัดสัญญารบกวน (Reduction) ด้วยโปรแกรม AstroImage J จากนั้นนำภาพไปฝังตำแหน่งของดาวด้วยโปรแกรม ASTAP และทำการวัดแสง (Aperture Photometry) ของดาวด้วยโปรแกรม AstroImage J โดยใช้ดาวฤกษ์ UCAC4 700-043196 (C2) , Gaia DR2 970354406339766016 (C3) เป็นดาวตรวจสอบ และดาวฤกษ์ GSC 03382-00937 (C4) เป็นดาวเปรียบเทียบ ดังรูปที่ 1 แล้วมาคำนวณหาค่าโชติมาตรปรากฏ (Apparent Magnitude) ตามสมการที่ 1



รูปที่ 1 ภาพถ่ายกระจุกดาว NGC 2126 แสดงถึงตำแหน่งของดาว V550 Aur (T1), UCAC4 700-043196 (C2), Gaia DR2 970354406339766016 (C3) และ GSC 03382-00937 (C4)

$$m = -2.5\log(f) \tag{1}$$

จากนั้นทำการสร้างกราฟพาลาโบล่าเพื่อหาคาบและทำการหาค่าโชติมาตรสัมบูรณ์ (Absolute magnitude) จากสมการที่ 2 (Poro A. *et al*., 2021)

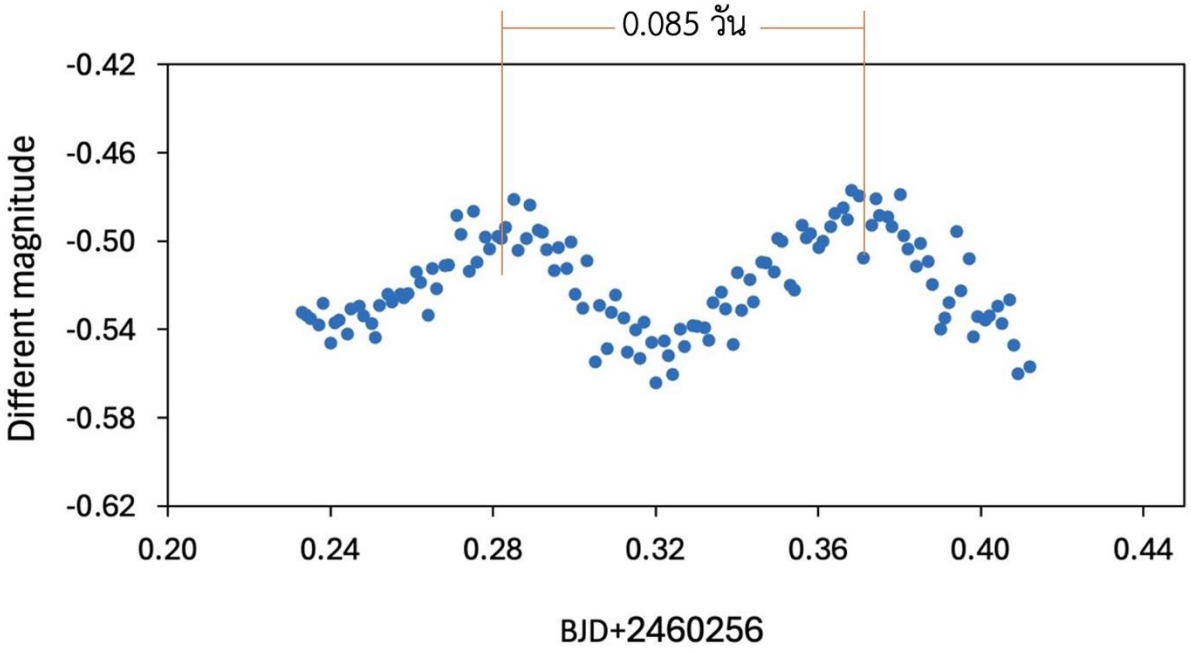
$$M = -3.2\log(P) - 1.599 \tag{2}$$

เมื่อทราบค่าโชติมาตรปรากฏ (Apparent Magnitude) และค่าโชติมาตรสัมบูรณ์ (Absolute magnitude) แล้ว นำมาคำนวณหาระยะทางของกระจุกดาว NGC 2126 ตามสมการที่ 3

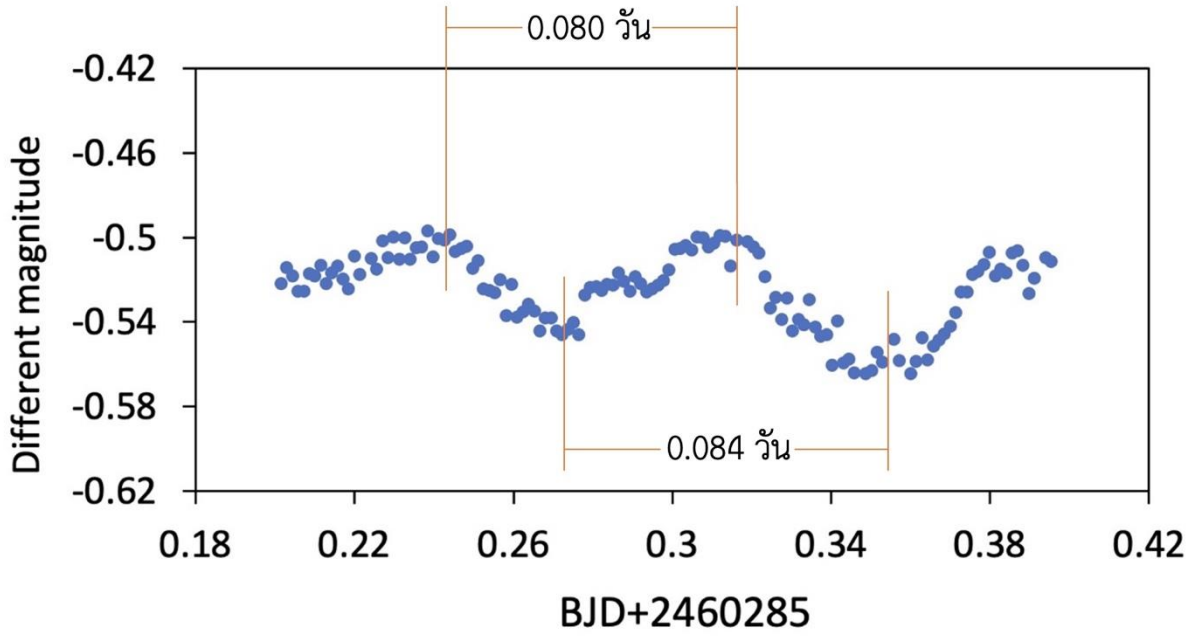
$$m - M = 5\log(d) - 5 \tag{3}$$

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ข้อมูลดาวแปรแสง V550 Aur จากการสังเกตการณ์ ได้ดำเนินการระหว่างวันที่ 7 พฤศจิกายน พ.ศ. 2566 และ 6 ธันวาคม พ.ศ. 2566 ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา นครราชสีมา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) จากภาพถ่ายกระจุกดาวเปิด NGC 2126 ทำการวิเคราะห์หาค่าความสว่าง (Intensity) ด้วยโปรแกรม AstroImage J แล้วนำไปสร้างกราฟเพื่อหาคาบของดาวแปรแสง โดยกำหนดแกนตั้งเป็นผลต่างของโชติมาตรปรากฏ และแกนนอนเป็น เวลาวันจูเลียนแบบแบริเซนทริก (BJD) คำนวณหาคาบการแปรแสงจากข้อมูลที่ได้จากกราฟดังรูป



รูปที่ 2 กราฟแสงของดาวแปรแสง V550 Aur ในวันที่ 7 พฤศจิกายน พ.ศ. 2566



รูปที่ 3 กราฟแสงของดาวแปรแสง V550 Aur ในวันที่ 6 ธันวาคม พ.ศ. 2566

จากนั้นคำนวณหาระยะทางของกระจุกดาว NGC 2126 โดยค่าโชติมาตรปรากฏของดาวที่ได้จากการสังเกตการณ์ เท่ากับ 13.05 สังเกตการณ์ได้คาบการแปรแสง 0.083 วัน และหาค่าโชติมาตรสัมบูรณ์ เท่ากับ 1.860 มาคำนวณหาระยะห่างจากโลกของกระจุกดาว NGC 2126 ตามสมการที่ 3 จากการคำนวณหาระยะทางของกระจุกดาว NGC 2126 มีระยะทาง เท่ากับ 1.7 กิโลพาร์เซก

สรุปผลการวิจัย

การหาระยะทางของกระจุกดาว NGC 2126 ด้วยดาวแปรแสง ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้ใช้ดาวแปรแสง V550 Aur ที่เป็นสมาชิกในกระจุกดาว NGC 2126 โดยสังเกตการณ์ ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา นครราชสีมา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ด้วยกล้องถ่ายภาพ ซีซีดี ผ่านแผ่นกรองแสงช่วงความยาวคลื่นที่ตามองเห็นเฉลี่ยเชื่อมต่อกับกล้องโทรทรรศน์เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เมตร ในวันที่ 7 พฤศจิกายน และ วันที่ 6 ธันวาคม พ.ศ. 2566 ผลการคำนวณคาบการแปรแสงของดาวแปรแสงภายใน V550 Aur คือ 0.083 วัน (ความถี่ 12.048 รอบต่อวัน) ค่าโมดูลัสระยะทาง (m-M) = 11.19 และระยะทางเท่ากับ 1.7 กิโลพาร์เซก ดังนั้นระยะทางของกระจุกดาว NGC 2126 เท่ากับ 1.7 กิโลพาร์เซก ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาล่าสุดของ Chehlaeh และคณะ ในปี ค.ศ.2018 คือ 1.4 กิโลพาร์เซก

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา นครราชสีมา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ที่อนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ในการดำเนินการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

จิรัฐิติกานต์ ธัญญาหาร, วนิดา จันทร์ชีวา, ศุทธินี มาลา, รณกฤต รัตนมาลา, และลัดดา ดีสวน. (2559). การคำนวณหาระยะทางและอายุของกระจุกดาว M67. *การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6* (น. 1-10). นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

อัญชลี ยะกุณะ. (2558). *รายงานการฝึกประสบการณ์วิชาชีพฟิสิกส์.* เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.

Chehlaeh, N., Mkrtichian, D., Lampens, P., Komonjinda, S., Kim, L., Van Cauteren, P., ... Glazunova, L. (2018). Photometric study and search for variable stars in the intermediate-age open cluster NGC 2126. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, *480*, 1850-1863.

Cuffey, J. (1943). *The Galactic Clusters of NGC 2126 and NGC 2194. Publications of the Kirkwood Observatory of Indiana University*, *97*(5), 93-97.

Gaspar, A., Kiss, L. L., Bedding, T. R., Derekas, A., Kaspi, S., Kiss, Cs., ... Varadi, M. (2003). The first CCD photometric study of the open cluster NGC 2126. *Astronomy and Astrophysics, 410*, 879–885.

Lynga, G., and Palous, J. (1987). The local kinematics of open star clusters. *Astronomy and Astrophysics*, *188*, 35-38.

Peña, C. C., Catelan, M., Grundahl, F., Stephens, A. W., & Smith, H. A. (2018). The Globular Cluster NGC 6402 (M14). II. Variable Stars. *The Astronomical Journal, 155*(3), 116-135.

Poro, A., Paki, E., Mazhari, G., Sarabi, S., Alicavus, F. K., Farahani, F. A., ... Ghalee, A. (2021). Observation and Theoretical Studies of 27 δ Scuti Stars with Investigation of the Period-Luminosity Relation.*The Astromical Society of the Pacific, 133*(1026), 1-17.

Liu, S. F., Wu, Z. Y., Zhang, X. B., Wu, J. H., Ma, J., Jiang, Z. J., ... Liu, S. F. (2009). Variable stars in the field of open cluster NGC 2126. *Research in Astronomy and Astrophysics, 9*, 791-802.

Yepez, M. A., Arellano Ferro, A., Muneer, S., & Giridhar, Sunetra. (2018). The variable star population in the globular cluster NGC 6934. *Revista Mexicana de Astronomia y Astrofisica, 54,* 15-36.

Received: October 17, 2024 Revised: November 25, 2024
Accepted: December 9, 2024 Published: December 25, 2024

การคำนวณระยะทางของกระจุกดาวเปิด M67 ด้วยดาวแปรแสง δ Scuti EX Cnc

Distance calculation of M67 open cluster by using a δ Scuti variable star EX Cnc

ณัฐชยา อุปพงษ์[1] นิภาวรรณ กอกกระโทก[1] นันทนา เกยพุดซา[1*] วันธนา ศิลปวิลาวัณย์[2]
และ อุษานาฎ เอื้ออภิสิทธิ์วงศ์[2]
Natchaya Auppapong[1] Nipawan Kokkrathok[1] Nantana Koeypudsa[1*] Wanthana Silpawilawan[2]
and Usanad Ua-Apisitwong[2]

[1]หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
[2]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
[1]Bachelor of Education Program in Physics, Faculty of Education, Nakhon Ratchasima Rajabhat University
[2]Faculty of Science and Technology, Nakhon Ratchasima Rajabhat University
[*] puipui011146@gmail.com

บทคัดย่อ

การหาระยะทางของกระจุกดาว M67 ด้วยดาวแปรแสง EX Cnc ในครั้งนี้ใช้ข้อมูลที่สังเกตการณ์ที่หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา นครราชสีมา และข้อมูลจากกล้องโทรทรรศน์อวกาศ TESS ผลการวิเคราะห์พบว่าดาวแปรแสง EX Cnc มีคาบการแปรแสง 0.051 ± 0.002 วัน (ความถี่ 19.608 รอบ/วัน) สำหรับข้อมูลจากหอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา นครราชสีมา และมีคาบการแปรแสง 0.052 ± 0.008 วัน (ความถี่ 19.121 รอบ/วัน) สำหรับข้อมูลจากกล้องโทรทรรศน์อวกาศ TESS เมื่อคำนวณหาระยะทางได้ 886 พาร์เซก และ 858 พาร์เซก ตามลำดับ

คำสำคัญ: กระจุกดาว M67, ดาวแปรแสง EX Cnc, โมดูลัสระยะทาง

Abstract

The distance calculation of M67 cluster using the EX Cnc variable star. The data was obtained at the Regional Observatory for Public, Nakhon Ratchasima (ROP-NMA) and Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS) in Sector 44. The period of EX Cnc were 0.051 ± 0.002 days (f = 19.601 cycle/day) and 0.052 ± 0.008 days (f = 19.121 cycle/day) for ROP-NMA and TESS respectively. The distance computed for M67 cluster were 886 pc from ROP-NMA data and 858 pc from TESS data.

Keywords: M67 Cluster, EX Cnc variable star, Distance modulus

บทนำ

การหาระยะทางของวัตถุท้องฟ้าเป็นสิ่งสำคัญต่อการศึกษาธรรมชาติของเอกภพ เพราะจะทำให้เข้าใจโครงสร้างและรูปร่างของเอกภพ การหาระยะทางของวัตถุท้องฟ้าสามารถหาได้หลากหลายวิธี เช่น การวัดมุมแพรัลแลกซ์ (Parallax), การวัดค่าการเคลื่อนที่เฉพาะ (Proper motion) หรือจากค่าโมดูลัสระยะทาง (Distance modulus) ของวัตถุท้องฟ้า

กระจุกดาว M67 (NGC 2682) เป็นกระจุกดาวเปิด (Open Cluster) ในกาแล็กซีทางช้างเผือก มีรายงานระยะทางของกระจุกดาว M67 โดย McClure et al. (1974) มีระยะทาง 420 พาร์เซก ซึ่งใช้วิธีจากค่าโมดูลัสระยะทางของดาวฤกษ์ในกระจุกดาว เหมือนกับกระจุกดาว NGC2420 (McClure et al., 1974) จนกระทั่ง Laugalys et al. (2004) ได้ทำการศึกษากระจุกดาว M67 โดยเทคนิคโฟโตเมทรีวัดความสว่างของ 37 ดวง และใช้วิธีการหาระยะทางจากค่าโมดูลัสระยะทางคำนวณระยะทางได้ 766 พาร์เซก (Laugalys et al., 2004) ต่อมา Yakut et al. (2009) ใช้ระบบดาวคู่แบบใกล้ชิด EX Cnc บอกระยะทางของกระจุกดาว M67 เท่ากับ 857±33 พาร์เซก จากนั้น Önehag et al. (2011) ได้ทำการศึกษากระจุกดาว M67 ด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปีคำนวณระยะทางของกระจุกดาวได้เท่ากับ 900 พาร์เซก ในปี พ.ศ.2559 จิรัฐิติกานต์ ธัญญาหาร และคณะ (2559) ได้คำนวณระยะทางกระจุกดาว M67 จากการเปรียบเทียบแผนภาพ H-R diagram คำนวณระยะทางของกระจุกดาว M67 เท่ากับ 758.6 พาร์เซก ล่าสุด Gao (2018) ทำการศึกษากระจุกดาว M67 และพบว่ามีระยะทาง 883±1 พาร์เซก จากการคำนวณด้วยวิธีวัดค่าการเคลื่อนที่เฉพาะ อย่างไรก็ตามการหาระยะทางของกระจุกดาวยังสามารถวิเคราะห์ได้จากดาวแปรแสงที่เป็นสมาชิกในกระจุกดาวได้ โดยจากการศึกษาของ Peña et al. (2018) ได้หาระยะทางของกระจุกดาว M14 ด้วยดาวแปรแสงในกระจุกดาว จากสมการโมดูลัสระยะทาง และความสัมพันธ์ระหว่างคาบ – กำลังส่องสว่าง พบว่ากระจุกดาว M14 มีระยะทางระหว่าง 9 ถึง 10.2 กิโลพาร์เซก

จากข้อมูลข้างต้นคณะผู้ศึกษาจะดำเนินการคำนวณหาระยะทางของกระจุกดาว M67 ด้วยดาวแปรแสง EX Cnc ซึ่งเป็นดาวแปรแสงชนิด δ Scuti (ดาวแปรแสงชนิด δ Scuti คือ ดาวแปรแสงภายในมีชนิดสเปกตรัมอยู่ระหว่าง A5 ถึง F2 มีการเผาไหม้ไฮโดรเจนบริเวณแกนกลาง มีมวลระหว่าง 1.6-2.6 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ และคาบการแปรแสงอยู่ระหว่าง 0.5-6 ชั่วโมง (บุญรักษา สุนทรธรรม, 2550)) ที่อยู่ภายในกระจุกดาว M67 เพื่อยืนยันระยะทางที่ได้ด้วยวิธีการที่แตกต่างจากเดิม

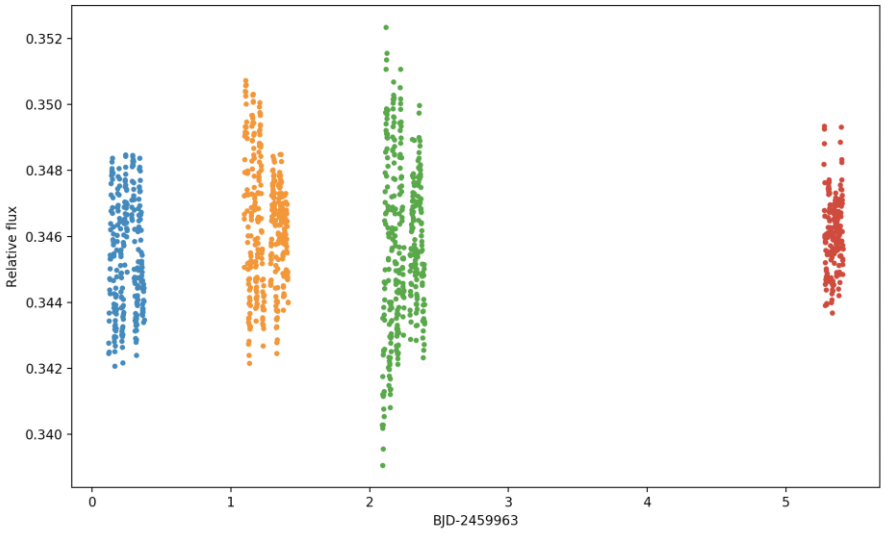
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อคำนวณหาระยะทางของกระจุกดาว M67 ด้วยดาวแปรแสง EX Cnc

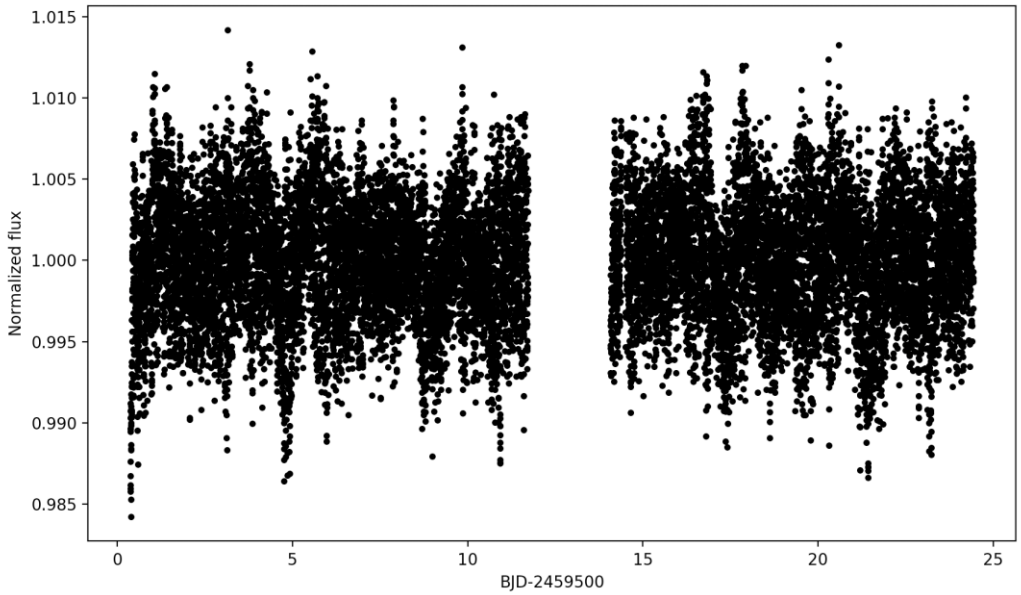
วิธีดำเนินการวิจัย

การคำนวณหาระยะทางของกระจุกดาว M67 ด้วยดาวแปรแสง EX Cnc ได้ดำเนินการสังเกตการณ์ที่หอดูเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา นครราชสีมา (ROP-NMA) ในระหว่างวันที่ 18,19,20 และ 23 มกราคม พ.ศ.2566 ในช่วงความยาวคลื่นแสงที่ตามองเห็น (V) จากนั้นนำภาพถ่ายที่ได้ไปทำการกำจัดสัญญาณรบกวน และวัดแสงด้วยโปรแกรม AstroImageJ (AIJ) (Collins et al., 2017) ซึ่งใช้ดาว NGC2682-155 และ

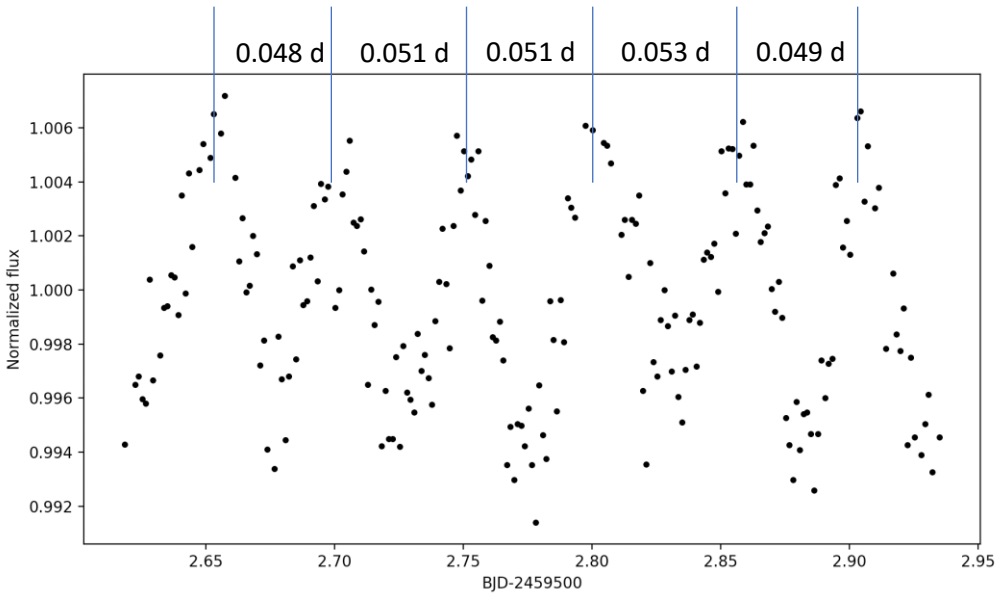
ดาว NGC6282-261 เป็นดาวเปรียบเทียบ นอกจากนั้นได้รวบรวมข้อมูลจากกล้องโทรทรรศน์อวกาศ TESS (Transiting Exoplanet Survey Satellite, TESS) ใน sector ที่ 44 ซึ่งเป็นข้อมูลที่สังเกตการณ์ระหว่างวันที่ 12 ตุลาคม ถึง 6 พฤศจิกายน พ.ศ.2564 ใช้เวลาเปิดหน้ากล้อง 120 วินาที เข้ามาวิเคราะห์ร่วมด้วย โดยกราฟแสงข้อมูลทั้งหมดแสดงดังภาพที่ดังรูปที่ 1 และรูปที่ 2



รูปที่ 1 กราฟแสงของดาวแปรแสงภายใน EX Cnc จากการสังเกตการณ์ที่หอดูเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา นครราชสีมา ในวันที่ 18 (สีฟ้า), 19 (สีส้ม), 20 (สีเขียว) และ 23 (สีแดง) มกราคม พ.ศ.2566 โดยข้อมูลกราฟแสงได้แสดงข้อมูลฟลักซ์สัมพัทธ์ (Relative flux) แกนตั้งและเวลาวันจูเลียนแบบแบริเซนทริก (BJD) แกนนอน



รูปที่ 2 กราฟแสงของดาวแปรแสงภายใน EX Cnc จากการสังเกตการณ์ของกล้องโทรทรรศน์อวกาศ TESS



รูปที่ 3 ตัวอย่างการหาคาบการแปรแสงของดาวแปรแสงภายใน EX Cnc จากข้อมูลการสังเกตการณ์ของกล้องโทรทรรศน์อวกาศ TESS

เมื่อได้กราฟแสงจากการสังเกตการณ์แล้วจะนำมาวิเคราะห์หาคาบการแปรแสง โดยหาค่าเวลาที่แสงมากที่สุด ซึ่งเป็นระยะห่างติดต่อกันของเวลาที่ตำแหน่งแสงมากที่สุด เพื่อคำนวณหาคาบการแปรแสงจากสมการที่ 1 (Poro et al., 2021) และคำนวณหาระยะทางจากสมการที่ 2 (บุญรักษา สุนทรธรรม, 2550)

$$M = -2.885\log(P) - 2.445 \quad (1)$$

$$\boldsymbol{m - M = 5\log(d) - 5} \quad (2)$$

เมื่อ M = โชติมาตรสัมบูรณ์
m = โชติมาตรปรากฏ
P = คาบการแปรแสง (วัน)
d = ระยะทาง (พาร์เซก)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากข้อมูลกราฟแสงที่ได้จากการสังเกตการณ์และข้อมูลจากกล้องโทรทรรศน์อวกาศ TESS สามารถคำนวณหาค่าเวลาที่แสงมากที่สุดแสดงดังตารางที่ 1 และคาบการแปรแสงจากตัวอย่างรูปที่ 3 และคำนวณหาคาบการแปรแสงได้เท่ากับ 0.051 ± 0.002 วัน (ความถี่ 19.608 รอบ/วัน) สำหรับข้อมูลจากกล้องโทรทรรศน์อวกาศ TESS ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับความถี่ลำดับที่สองจากการรายงานของ Zhou (2001) ที่ 19.5674 รอบ/วัน ผลการคำนวณโชติมาตรสัมบูรณ์ของดาวแปรแสง EX Cnc เท่ากับ 1.28 และระยะทาง เท่ากับ 886 พาร์เซก ในทางเดียวกันจากฐานข้อมูลดาวแปรแสงภายใน EX Cnc มีค่าโชติมาตรปรากฏ 10.92 และค่าคาบการแปร

แสงเฉลี่ย (± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) จากข้อมูลที่สังเกตการณ์ได้ จากหอดูเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา นครราชสีมา คือ 0.052 ± 0.008 วัน (ความถี่ 19.1205 รอบ/วัน) คำนวณโชติมาตรสัมบูรณ์ของดาวแปรแสงภายใน EX Cnc เท่ากับ 1.25 และระยะทาง เท่ากับ 858 พาร์เซก

ตารางที่ 1 ข้อมูลค่าเวลาที่แสงมากที่สุดจากการสังเกตการณ์ในครั้งนี้

ค่าเวลาที่แสงมากที่สุด (BJD)	แหล่งข้อมูลสังเกตการณ์
2459502.65270	TESS
2459502.70070	TESS
2459502.75150	TESS
2459502.80290	TESS
2459502.85630	TESS
2459502.90580	TESS
2459963.14242	ROP-NMA
2459963.19102	ROP-NMA
2459963.24022	ROP-NMA
2459963.29373	ROP-NMA
2459963.34343	ROP-NMA
2459964.10714	ROP-NMA
2459964.15865	ROP-NMA
2459964.20805	ROP-NMA
2459964.30525	ROP-NMA
2459964.35665	ROP-NMA
2459964.39365	ROP-NMA
2459965.12127	ROP-NMA
2459965.17197	ROP-NMA
2459965.22267	ROP-NMA
2459965.31607	ROP-NMA

สรุปผลการวิจัย

การคำนวณระยะทางของกระจุกดาว M67 ด้วยดาวแปรแสงภายใน EX Cnc พบว่าคาบการแปรแสงของดาวแปรแสง เท่ากับ 0.051 ± 0.002 วัน (ความถี่ 19.608 รอบ/วัน) สำหรับข้อมูลจากกล้องโทรทรรศน์อวกาศ TESS และ 0.052 ± 0.008 วัน (ความถี่ 19.121 รอบ/วัน) สำหรับข้อมูลที่สังเกตการณ์ได้ จากหอดู

เฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา นครราชสีมา ซึ่งนำมาใช้คำนวณหาระยะทางของกระจุกดาว M67 ได้ เท่ากับ 886 พาร์เซก และ 858 พาร์เซก ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบข้อมูลพบว่ามีความใกล้เคียงกับผลการคำนวณของ Gao (2018) ที่คำนวณได้ 883 ± 1 พาร์เซก ดังนั้นจากผลการคำนวณที่ได้จะสามารถยืนยันระยะทางของกระจุกดาว M67 ได้เป็นอย่างดี

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา นครราชสีมา ที่อำนวยความสะดวกในการใช้สถานที่ และอุปกรณ์ในการสังเกตการณ์ และขอขอบคุณข้อมูลจากกล้องโทรทรรศน์อวกาศ TESS เป็นอย่างสูง

เอกสารอ้างอิง

จิรัฐิติกานต์ ธัญญาหาร, วนิดา จันทร์ชีวา, ศุทธินี มาลา, รณกฤต รัตนมาลา, และลัดดา ดีสวน. (2559). การคำนวณหาระยะทางและอายุของกระจุกดาว M67. *การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6* (น. 1-10). นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

บุญรักษา สุนทรธรรม. (2550). *ดาราศาสตร์ฟิสิกส์*. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Collins, K. A., Kielkopf, J. F., Stassun, K. G., & Hessman, F. V. (2017). AstroImageJ: Image Processing and Photometric Extraction for Ultra-precise Astronomical Light Curves. *The Astronomical Journal, 153*(77), 1-13.

Gao, X. (2018). A Machine-learning-based Investigation of the Open Cluster M67. *The Astronomical Journal, 869*(1), 1-12.

McClure, R. D., Forrester, W. T. & Gibson, J. (1974). The old open cluster NGC 2420. *The Astronomical* Journal*, 189*, 409-421.

Önehag, A., Korn, A., Gustafsson, B. Stempels, E., & VandenBerg, D. A. (2011). M67-1194, an unusually sun-like solar twin in M67. *Astronomy and Astrophysics*, *528*(A85), 1-11.

Poro, A., Paki, E., Mazhari, G., Sarabi, S., Kahraman A. F., Ahangarani F. F., ... Ghalee, A. (2021). Observational and Theoretical Studies of 27 δ Scuti Stars with Investigation of the Period–Luminosity Relation. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific. 133*(084201), 1-17.

Peña C. C., Catelan M., Grundahl F., Stephens A. W., & Smith H. A. (2018). The Globular Cluster NGC 6402 (M14). II. Variable Stars. *The Astronomical Journal*, *155*(3), 116-135.

Yakut, K., Zima, W., Kalomeni, B., Van Winckel, H., Waelkens, C., De Cat, P., ... Aerts, C. (2009). Close binary and other variable stars in the solar-age Galactic open cluster M 67. *Astronomy and Astrophysics*, *503*(1), 165-176.

Zhou, A. Y. (2001). CCD photometry of the field of EX Cancri. *Information bullentin on variable stars*, *5096*, 1-4.

สมาคมดาราศาสตร์และวิทยาศาสตร์อวกาศเพื่อการศึกษา
Astronomy and Space Science Society for Education; ATSSE

ที่ตั้ง: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
เลขที่ 38 หมู่ 8 ตำบลนาวุ้ง อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี 76000



บทความวิจัย

- การสร้างชุดอุปกรณ์ทดลองสำหรับหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของพื้นทรายและพื้นหินเกล็ดจากทรงกลมตันและทรงกลมกลวง
  กฤตภัค นริศราวุธ กมลลักษณ์ สุวรรณพจน์ ศวิตา นาคนายม ฐิติวัลค์ สีหไตร และ อาทิตย์ หู้เต็ม
- การคำนวณระยะทางของกระจุกดาวเปิด NGC 2126 จากดาวแปรแสง
  พิมมาดา เงียบกิ่ง พิยดา พุ่มนอก นุชนาฏ กรินสูงเนิน และ ทวีชัย ชนม์สูงเนิน
- การคำนวณระยะทางของกระจุกดาวเปิด M67 ด้วยดาวแปรแสง δ Scuti EX Cnc
  ณัฐชยา อุปพงษ์ นิภาวรรณ กอกกระโทก นันทนา เกยพุดซา วันธนา ศิลปวิลาวัณย์ และ อุษานาฏ เอื้ออภิสิทธิ์วงศ์

http://www.atsse.org/