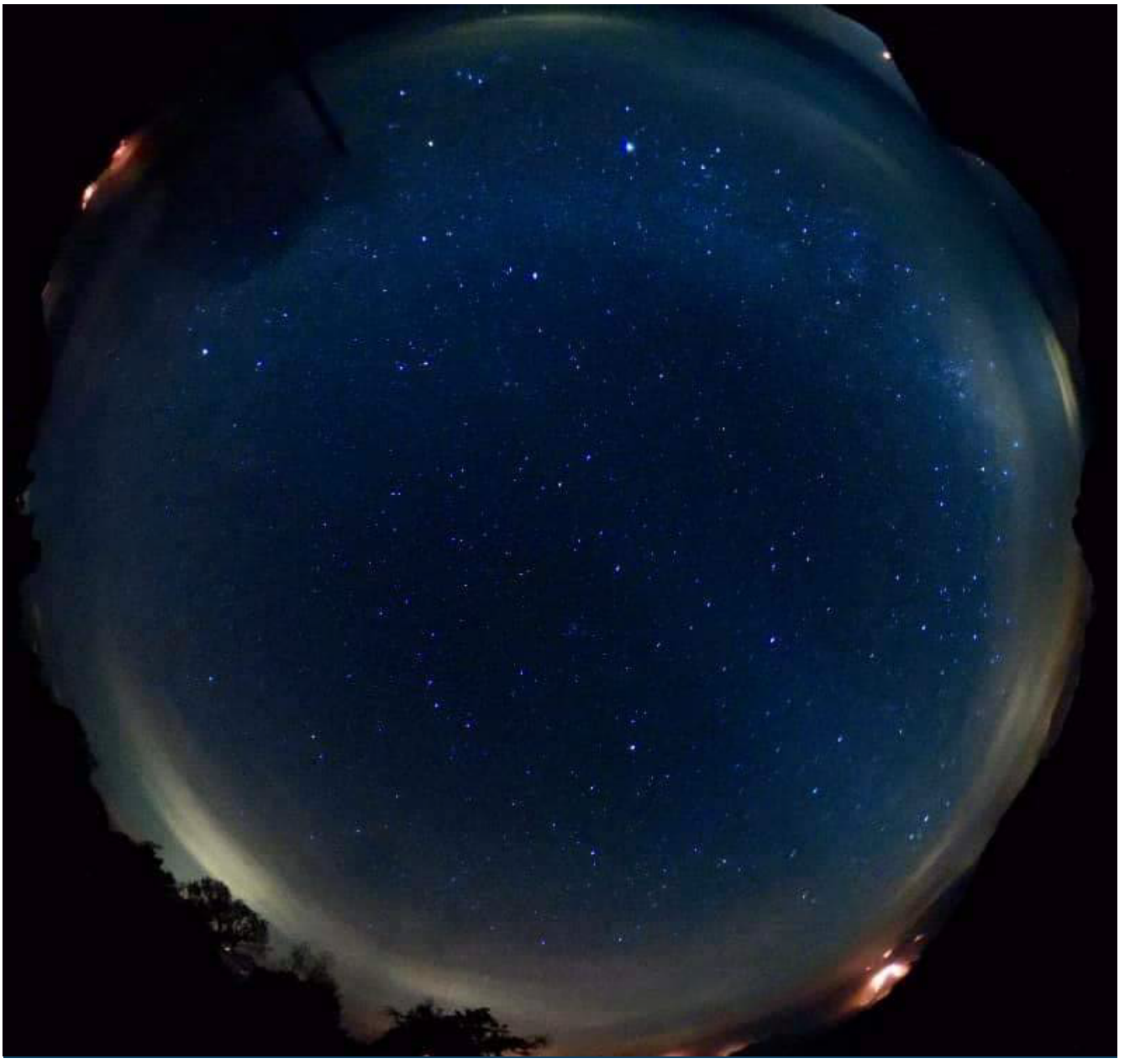
ISSN 2673-0480 (Online)

วารสารวิทยาศาสตร์โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

Journal of Earth Science, Astronomy and Space



ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 (2564)
Vol.4, No.1 (2021)

บรรณาธิการแถลง

สมาคมดาราศาสตร์และวิทยาศาสตร์อวกาศเพื่อการศึกษา (Astronomy and Space Science Society for Education; ATSSE) ได้จัดทำวารสารวิทยาศาสตร์โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ (Journal of Earth Science, Astronomy and Space) เพื่อเป็นช่องทางในการเผยแพร่บทความทางด้านวิทยาศาสตร์โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ จากผลงานวิจัย ผลงานทางวิชาการ บทความทางวิชาการ ผลงานวิชาการรับใช้สังคม โดยเผยแพร่แบบออนไลน์ ปีละ 1 ฉบับ (ตุลาคม – ธันวาคม) ซึ่งฉบับนี้ได้ทำการเผยแพร่เป็นปีที่ 4 โดยมีบทความวิชาการ 2 เรื่อง และบทความวิจัย 7 เรื่อง

ทางวารสารใคร่ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิคณะกรรมการประเมินอิสระ (Peer Reviewers) เป็นอย่างสูง ที่กรุณาให้เกียรติและเสียสละเวลาในการพิจารณากลั่นกรอง แก้ไข และให้ข้อเสนอแนะแก่บทความวิจัย เพื่อความสมบูรณ์ และประโยชน์สูงสุดในทางวิชาการ และขอขอบคุณผู้วิจัยที่ร่วมสร้างสรรค์ผลงาน เพื่อร่วมกันพัฒนาทั้งในมิติของการศึกษา งานวิจัย และสังคม

ผศ.ดร.สุวิทย์ นามมหาจักร
บรรณาธิการ

กองบรรณาธิการ

ผศ.ดร.สุวิทย์ นามมหาจักร มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี	บรรณาธิการ
ผศ.ดร.สุรจิตร์ พระเมือง มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย	กรรมการ
รศ.ดร.วิลาวรรณ์ คำหาญ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร	กรรมการ
ผศ.ดร.ภัควัฒน์ วงศ์วรรณวัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี	กรรมการ
ดร.จุฑารัตน์ กลิ่นแก้วณรงค์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี	กรรมการ
ผศ.ดร.พัดตาวัน นาใจแก้ว มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี	กรรมการและเลขานุการ

คณะกรรมการประเมินอิสระ (Peer Reviewers) ตรวจสอบทางวิชาการ

รศ.บุญรักษา สุนทรธรรม
สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)
รศ.ดร.ธนา ยีรัมย์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผศ.ดร.สุวิทย์ นามมหาจักร
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผศ.ดร.ภควัฒน์ วงศ์วรรณวัฒนา
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
ผศ.ดร.ชีวะ ทัศนา
มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
ผศ.ดร.กนต์ธีร์ กิจเกียรติพงษ์
มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
ผศ.อร่าม ชนะโชติ
มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ผศ.รณกฤต รัตนมาลา
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
ดร.กฤษฎา บุญชม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
ดร.นรากรณ์ แก้วขาว
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

สารบัญ

เรื่อง **หน้า**

กองบรรณาธิการ ก

สารบัญ ง

บทความวิชาการ

การสังเกตการณ์ดาราศาสตร์ทางแสงด้วยอุปกรณ์อย่างง่าย 1
วิระภรณ์ ไหมทอง

ทวิตเตอร์กับการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 13
สุภัทร สายรัตนอินทร์

บทความวิจัย

การคำนวณหาค่าระยะทางและพลังงานศักย์ยังผลของอนุภาคประจุไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ภายใต้แรงเข้าสู่ศูนย์กลางที่เป็นฟังก์ชันตรีโกณมิติขึ้นอยู่กับรัศมีของวงโคจร $F(R)$ 25
จิราวรรณ ทรัพย์ทิพย์ ปิยรัตน์ มูลศรี และอาทิตย์ หู้เต็ม

การคำนวณหาอายุและระยะทางของกระจุกดาวเปิด M38 37
วริษา ปานเจริญ สิรวิชญ์ วิเศษ สิรวิชญ์ รุ่งโรจน์
สุกัญญา สง่าแก้ว และนิรุธ ล้ำเลิศ

Determination of the Time-Dependent Velocity for Charged Particle via Cosine Electrostatic Function 46
Artit Hutem, Sanit Suwanwong, Treenuch Ellis
and Nutnicha Masoongnoen

การคำนวณหาสนามไฟฟ้าเนื่องจากการแจกแจงประจุแบบต่อเนื่องภายใต้ความหนาแน่นประจุเชิงเส้นฟังก์ชันไซน์ของการเคลื่อนที่สั่น 58
ณัฐณิชา มะสูงเนิน ปิยรัตน์ มูลศรี ตรีนุช เอลลิส
ศานิตย์ สุวรรณวงศ์ และอาทิตย์ หู้เต็ม

องค์ประกอบของค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลก ณ อุทยานดาราศาสตร์สิรินธร 70
ดลฤดี สุขใจ ถิรนันท์ สอนแก้ว นิพนธ์ นายหว่าง ธนกิจ ใจพะยัก
กัญญ์วรา พานประทีป สุพรรษา กาไชยา ณัฐกานต์ จันทร์ทิพย์
สมสวัสดิ์ รัตนสูรย์ และ Ronald Macatangay

การวิเคราะห์เวลาที่แสงน้อยที่สุดของระบบดาวคู่ CR Scl 82
ซูรีนา สาแม อาบรอร์ สะมะแอ อาดีละฮ์ เทษา
นูรมา ดาลี และสมกรณ์ ชัยวรากรณ์

การศึกษาหาระยะทาง อายุและอุณหภูมิของกระจุกดาวเปิด M29 90
ซาฮีดา สาแม นารินี มะเด็ง รุสนี มะเด็ง และสมกรณ์ ชัยวรากรณ์

Received: 9 October 2021
Revised: 3 December 2021
Accepted: 21 December 2021

การสังเกตการณ์ดาราศาสตร์ทางแสงด้วยอุปกรณ์อย่างง่าย
Observations in Optical Astronomy using Simple Instruments

วิระภรณ์ ไหมทอง[1*]
Wiraporn Maithong[1*]
[1]ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
[*] wiraporn_mai@cmru.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาดาราศาสตร์ทางแสง นอกจากการวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ ของวัตถุท้องฟ้าที่สนใจแล้ว สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งคือ การสังเกตการณ์ ทั้งการเลือกใช้กล้องโทรทรรศน์ และอุปกรณ์รับสัญญาณ ให้เหมาะสมกับวัตถุและสิ่งที่ต้องการศึกษา อย่างไรก็ตาม อุปกรณ์รับสัญญาณ เช่น กล้องถ่ายภาพ หรือกล้องถ่ายซีซีดี และสเปกโตรกราฟ หรือ ซีซีดี สเปกโตรกราฟ ยังคงมีใช้ได้เฉพาะที่หอดูดาวบางแห่ง ซึ่งอาจส่งผลให้ผู้สนใจบางส่วนยังอาจไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลที่ต้องการได้ ดังนั้น ในงานนี้จึงเป็นการนำเสนอตัวอย่างการสังเกตการณ์วัตถุท้องฟ้าด้วยอุปกรณ์อย่างง่าย ทั้งแบบที่ใช้เพียงกล้องถ่ายรูปแบบดิจิตอลเพียงอย่างเดียว รวมไปถึงการใช้กล้องดิจิตอลพร้อมกับกล้องโทรทรรศน์ขนาดเล็ก

คำสำคัญ: ดาราศาสตร์ทางแสง, อุปกรณ์อย่างง่าย, การหาตำแหน่ง, การวัดความสว่าง, สเปกตรัม

Abstract

On the study in Optical Astronomy, apart from using data analysis technique of any particular celestial object of interest, the use of observational techniques choosing appropriate telescopes and detectors such as camera or CCD camera, spectrograph or CCD spectrograph for

photometry, astrometry and spectroscopy are as well important. However, such telescopes and detectors are still available only in some astronomical observatories which may cause some difficulties for several people to access. In this article, we introduce some simple instruments such as a single digital camera (without telescope), a digital camera with astronomical telescope which can also be used for reliable astronomical observations.

Keywords: Optical Astronomy, Simple Instruments, Astrometry, Photometry, Spectroscopy

บทนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยค่อนข้างมีความตื่นตัวในด้านดาราศาสตร์ ทั้งในส่วนของปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ และการพัฒนาทางด้านการศึกษา ทั้งในระดับโรงเรียน และในระดับอุดมศึกษา รวมทั้งผู้สนใจอื่น ๆ แต่อย่างไรก็ตาม งานวิจัยด้านดาราศาสตร์ทางแสง ส่วนใหญ่ก็ยังคงจำกัดอยู่กับกล้องโทรทรรศน์ขนาดใหญ่ พร้อมด้วยอุปกรณ์รับสัญญาณที่มีทั้งคุณภาพและราคาสูง ส่งผลให้การเข้าถึงงานวิจัยยังคงมีอยู่ในปริมาณที่จำกัด ซึ่งการทำวิจัยบางเรื่อง อาจประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ที่มีคุณภาพที่ดี สามารถใช้เป็นตัวรับสัญญาณได้ เช่น กล้องดิจิตอลขนาดเล็ก และกล้องดิจิตอลแบบ DSLR ซึ่งเป็นกล้องที่ใช้ถ่ายภาพกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เนื่องจากหาซื้อง่าย และราคาไม่แพง เมื่อเทียบกับกล้องถ่ายภาพ CCD นอกจากนี้สำหรับผู้สนใจศึกษาเกี่ยวกับสเปกตรัมของดาว ที่ไม่ต้องการความละเอียดสูงมากนัก อาจใช้กล้องดิจิตอล DSLR เป็นอุปกรณ์รับสัญญาณสเปกตรัมของดาว ที่ผ่านเกรตติง เช่น Star Analyser 200 ซึ่งอุปกรณ์ที่กล่าวไปข้างต้น สามารถจัดหาได้ด้วยตัวเอง และมีขนาดไม่ใหญ่นัก ส่งผลให้เคลื่อนย้ายได้สะดวก และเดินทางไปเก็บข้อมูลนอกสถานที่ได้ อีกทั้งยังมีคุณภาพเพียงพอ สามารถเผยแพร่ผลการศึกษาได้ในที่ประชุมวิชาการทั้งในระดับชาติ และนานาชาติ

สำหรับการศึกษาดาราศาสตร์ทางแสง ในประเด็กหลักๆ ที่เป็นพื้นฐานที่สำคัญ คือ การหาตำแหน่ง (astrometry) การวัดความสว่าง (photometry) และการวัดสเปกตรัม (spectrometry) ของวัตถุท้องฟ้า เช่นการศึกษาวัตถุในระบบสุริยะ หากต้องการทราบถึง คาบการโคจร ระยะห่างจากดวงอาทิตย์ รวมไปถึงความรีของวงโคจร หรือการคำนวณองค์ประกอบวงโคจรนั้น อาจคำนวณได้จากตำแหน่งของวัตถุนั้น ๆ ที่เวลาต่าง ๆ หรือถ้าต้องการคำนวณระยะห่างระหว่างกระจุกดาวกับโลก อาจคำนวณได้

จากแผนภาพที่เกี่ยวข้องกับแมกนิจูด นั่นคือต้องทำการวิเคราะห์ค่าความสว่างเป็นเบื้องต้น เป็นต้น

เนื้อเรื่อง

การหาตำแหน่งดาว อาจเรียกได้ว่าเป็นการวิเคราะห์ดาราศาสตร์ทางแสงที่ง่ายที่สุดในปัจจุบัน เนื่องจากมี software ที่เปิดให้ใช้ฟรีผ่านเครือข่ายอินเตอร์เนต ที่ชื่อ Astrometric Position Calculator ซึ่งจัดทำภายใต้ชื่อ Sky Image Processing (SIP) โดย Virginia Tech Department of Physics ดังนั้นความยุ่งยากของการหาตำแหน่งดาว จึงอาจเป็นเรื่องของการสังเกตการณ์แทน ดังนั้นเพื่อเป็นแนวทางให้ผู้สนใจที่อาจมีเพียงกล้องโทรทรรศน์ขนาดเล็ก ผู้เขียนจึงได้ทำการทดลองสังเกตการณ์ด้วยกล้องดิจิตอล DSLR รุ่น Canon EOS kiss X3 ซึ่งต่อเข้ากับกล้องโทรทรรศน์แบบหักเหแสงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 มิลลิเมตร ความยาวโฟกัส 910 มิลลิเมตร โดยใช้ระบบดาวคู่ DF Hya และ XY Leo เป็นตัวอย่างวัตถุที่ใช้ในการหาตำแหน่งดาว โดยในการศึกษาครั้งนี้ใช้ดาวฤกษ์ 8 ดวง และ 10 ดวงเป็นดาวอ้างอิง ดังรูปที่ 1



(ก) DF Hya และดาวอ้างอิง 8 ดวง (ข) XY Leo และดาวอ้างอิง 10 ดวง

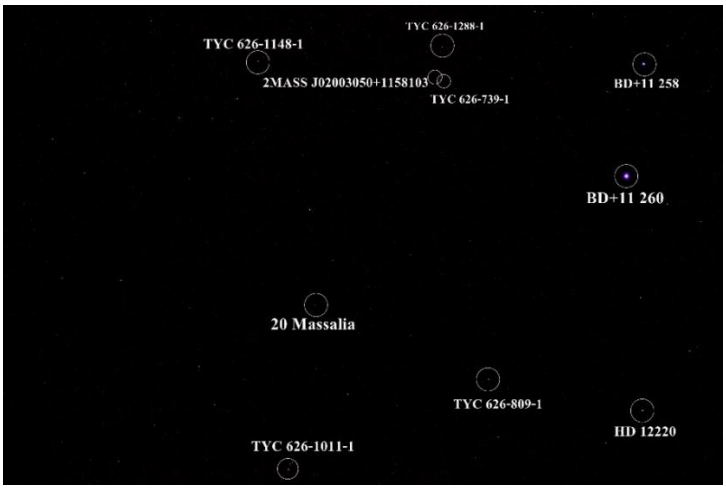
รูปที่ 1 ภาพถ่ายระบบดาวคู่ด้วยกล้องดิจิตอล DSLR
(ที่มา: วิระภรณ์ ไหมทอง และคณะ, 2557)

ในการวิเคราะห์ตำแหน่งของระบบดาวคู่ DF Hya จากภาพถ่าย ซึ่งใช้เวลาเปิดหน้ากล้อง 30 วินาที และใช้ค่าความไวแสง (International Organisation for Standardisation; ISO) เท่ากับ 6400 ดังรูปที่ 1 (ก) ด้วยโปรแกรม SIP พบว่าระบบดาวคู่นี้อยู่ที่ตำแหน่ง R.A. $8^h\ 52^m\ 10.207^s$ และ Dec. $6^0\ 19'\ 26.260''$ แต่ตำแหน่งมาตรฐานที่อยู่บนแผนที่ดาวคือ R.A. $8^h\ 55^m\ 2.2431^s$ และ Dec. $6^0\ 5'\ 37.287''$ โดยการศึกษาในครั้งนี้มีความคลาดเคลื่อนในพิกัดของ R.A. และ Dec. ประมาณ 0.54 % และ 3.64 % ตามลำดับ

ส่วนการวิเคราะห์ตำแหน่งของระบบดาวคู่ XY Leo ซึ่งใช้เวลาเปิดหน้ากล้อง 30 วินาที และใช้ค่า ISO เท่ากับ 3200 ดังรูปที่ 1 (ข) พบว่า ระบบดาวคู่นี้อยู่ที่ตำแหน่ง R.A. $10^h\ 01^m\ 40.400^s$ และ Dec. $17^0\ 25'\ 7.966''$ แต่ตำแหน่งมาตรฐาน

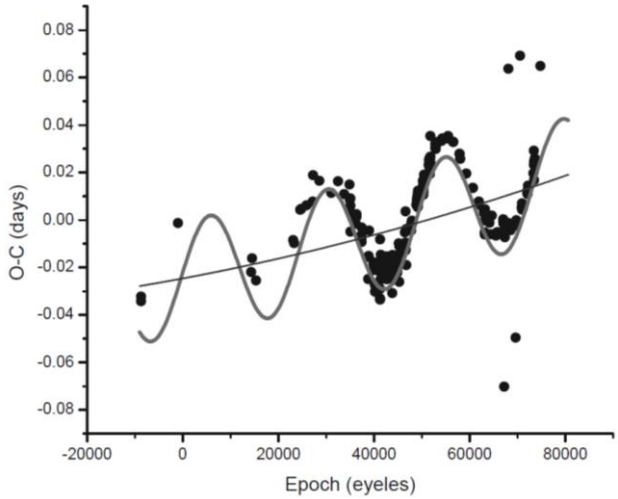
ที่อยู่บนแผนที่ดาวคือ R.A. 10^h 01^m 40.427^s และ Dec. 17^0 24’ 32.712” ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนในพิกัดของ R.A. และ Dec. ประมาณ 7.48×10^{-5} % และ 0.056 % ตามลำดับ

จากผลการวิเคราะห์ระบบดาวคู่ทั้ง 2 ระบบนี้ แสดงให้เห็นว่าการหาตำแหน่งดาวโดยใช้กล้องดิจิตอล DSLR ต่อเข้ากับกล้องโทรทรรศน์ขนาดเล็ก ซึ่งหาได้ง่ายในระดับโรงเรียนมีแนวโน้มที่สามารถทำวิจัย หรือใช้ในการศึกษาทางดาราศาสตร์ที่อาจจะไม่ต้องการใช้ความแม่นยำในระดับสูงๆ ได้ นอกจากนี้เมื่อทดลองหาตำแหน่งของดาวเคราะห์น้อย 20 Massalia ที่ได้จากการสังเกตการณ์ในวันที่ 23 ธันวาคม 2556 เวลา 23:22 น. ตามเวลามาตรฐานประเทศไทย ซึ่งใช้เวลาในการเปิดหน้ากล้อง 30 วินาที และใช้ค่า ISO เท่ากับ 1600 ดังรูปที่ 2 โดยใช้ดาวฤกษ์อ้างอิง 9 ดวง และคำนวณตำแหน่งที่เวลาดังกล่าว ของดาวเคราะห์น้อย 20 Massalia คือ R.A. 1^h 59^m 40.40^s และ Dec. 11^0 40’ 20.91”



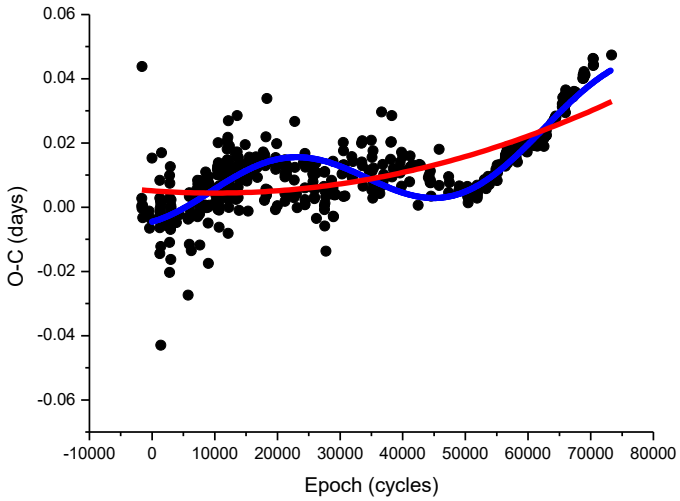
รูปที่ 2 ภาพถ่ายดาวเคราะห์น้อย 20 Massalia และดาวอ้างอิง
(ที่มา: วิระภรณ์ ไหมทอง และฉัตรชัย เครืออินทร์, 2557)

เมื่อพิจารณาการวิเคราะห์ความสว่างของวัตถุท้องฟ้าจากภาพถ่ายด้วยกล้อง DSLR ดังตัวอย่างการทดลองเก็บข้อมูลระบบดาวคู่ XY Leo โดยใช้กล้องโทรทรรศน์แบบหักเหแสงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตรร่วมกับกล้องดิจิตอล DSLR ในวันที่ 15-17 มีนาคม พ.ศ.2557 ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา เชียงใหม่ และใช้โปรแกรม Iris ในการหาความสว่างของดาว จากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคาบการแปรแสงของระบบดาวคู่ XY Leo ด้วยแผนภาพ O-C ดังรูปที่ 3 ซึ่งอธิบายได้ถึงอัตราการเพิ่มขึ้นของคาบการโคจรประมาณ 4.59×10^{-4} วินาทีต่อปี นอกจากนี้ยังพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงเป็นคาบซ้อนกันอยู่ ซึ่งสามารถอธิบายได้ถึงแนวโน้มการมีอยู่ของวัตถุที่สาม โดยมีรัศมีวงโคจรประมาณ 4.185 AU และมีคาบการโคจรของสมาชิกดวงที่สามประมาณ 19.06 ปี



รูปที่ 3 แผนภาพ O-C ของระบบดาวคู่ XY Leo
(ที่มา: วิระภรณ์ ไหมทอง และคณะ, 2558)

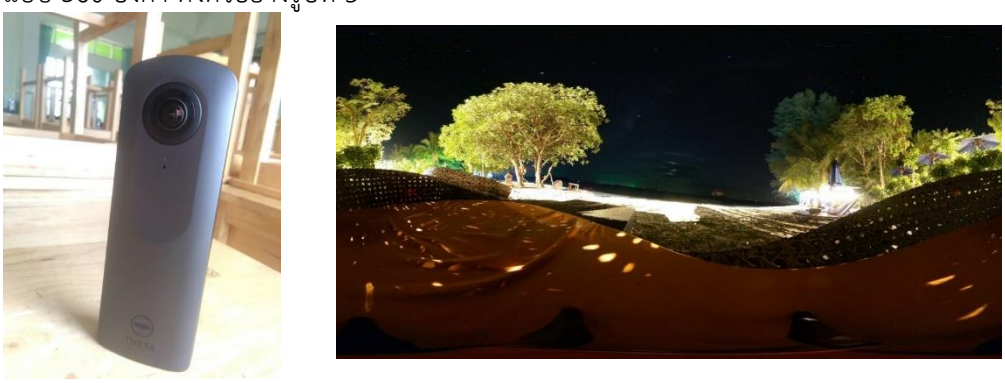
การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคาบการแปรแสงของระบบดาวคู่ อีกตัวอย่างหนึ่งคือ ระบบดาวคู่ RW Com ที่เก็บข้อมูลด้วยกล้องดิจิตอล DSLR รุ่น Cannon EOS 6D ผ่านกล้องโทรทรรศน์ขนาด 105 มิลลิเมตร ในวันที่ 9 มีนาคม 2559 ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา นครราชสีมา สามารถวิเคราะห์แผนภาพ O-C ได้ดังรูปที่ 4 ซึ่งแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงคาบการแปรแสงมีค่าเพิ่มขึ้น ด้วยอัตรา 1.89×10^{-3} วินาทีต่อปี และมีแนวโน้มที่จะมีวัตถุที่ 3 อยู่ในระบบที่ระยะห่าง 1.83 AU โดยมีคาบการโคจรประมาณ 24.55 ปี



รูปที่ 4 แผนภาพ O-C ของระบบดาวคู่ RW Com
(ที่มา: Wiraporn Maithong and Parinda Phao-ai, 2017)

Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Vol. 4 No. 1 ISSN 2673-0480 (Online)

ตัวอย่างข้างต้นเป็นการใช้กล้องดิจิตอล ถ่ายภาพดาวผ่านกล้องโทรทรรศน์ขนาดเล็ก แต่บางครั้งในการเดินทางไปยังที่ต่างๆ อาจไม่ได้มีกล้องโทรทรรศน์ติดไปด้วยทุกครั้ง มีเพียงกล้องดิจิตอลเพียงอย่างเดียวก็อาจทำการทดลองอย่างง่ายได้ เช่น การวิเคราะห์ความสว่างของทางช้างเผือกที่สังเกตการณ์ได้ด้วยกล้อง ดิจิตอลที่ถ่ายภาพแบบ 360 องศา ดังตัวอย่างรูปที่ 5



รูปที่ 5 การถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิตอลแบบ 360 องศา
(ที่มา: วิระภรณ์ ไหมทอง และคณะ, 2562)

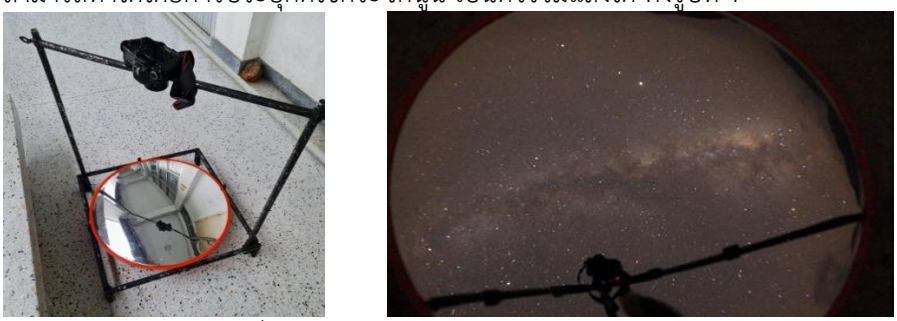
ในการศึกษานี้ได้ทดลองถ่ายภาพที่ ISO ต่าง ๆ กัน คือ 64, 60, 100, 126, 160, 200, 250, 320, 400 และ 3,200 โดยใช้เวลาในการถ่ายภาพเท่ากัน คือ 60 วินาที ซึ่งทำการสังเกตการณ์ ในวันที่ 12 ตุลาคม พ.ศ. 2561 ณ บริเวณบ้านคลองม่วง อำเภอคลองใหญ่ จังหวัดตราด เมื่อหาค่าความเข้มแสง ด้วยโปรแกรม Astro ImageJ และคำนวณหาแมกนิจูดแล้ว พบว่าแมกนิจูดของทางช้างเผือกอยู่ในช่วงเดียวกันในทุก ISO คือมีค่าประมาณ 5 – 6 นั่นหมายความว่า ในการเก็บข้อมูล สามารถเลือกใช้ ISO ได้ตามความเหมาะสมของสภาพอากาศ และสิ่งแวดล้อมในขณะนั้น ๆ แต่ต้องเลือกโดยคำนึงถึงภาพที่ได้แทน เนื่องจาก ISO สูง จะให้ภาพที่มีสัญญาณรบกวน (noise) ที่สูงตามไปด้วย

เมื่อวิเคราะห์แมกนิจูดของทางช้างเผือก โดยใช้ภาพถ่ายจากกล้อง All Sky ดังรูปที่ 6 ที่ได้จากการสังเกตการณ์ ในระหว่างเดือน มกราคม ถึง กุมภาพันธ์ 2562 ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ที่ดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ ในช่วงเวลาที่ความกดอากาศสูงแผ่ปกคลุมเมืองเชียงใหม่ ทำให้ท้องฟ้าแจ่มใส่ สามารถสังเกตเห็นทางช้างเผือกได้อย่างชัดเจน และวิเคราะห์ความเข้มแสงด้วยโปรแกรม AstroImageJ แล้วคำนวณแมกนิจูดปรากฏของทางช้างเผือกมีค่าอยู่ระหว่าง 3-4



รูปที่ 6 ภาพถ่ายจากกล้อง All Sky
(ที่มา: พัชริดา กันทะธง และคณะ, 2564)

ในกรณีที่มีกล้องดิจิตอล DSLR แต่มีความต้องการถ่ายภาพแบบทั่วทั้งท้องฟ้า สามารถทำได้โดยการประยุกต์ใช้กระจกนูน เป็นตัวรวมแสงได้ ดังรูปที่ 7

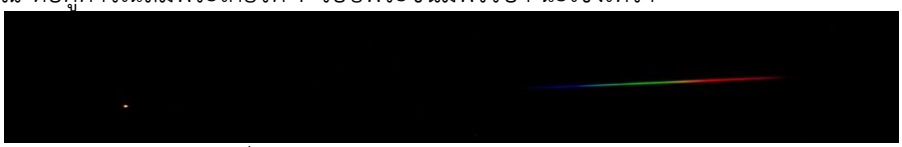


รูปที่ 7 การถ่ายภาพโดยใช้กระจกนูนรวมแสง
(ที่มา: Wiraporn Maithong et.al., 2021)

จากรูปที่ 7 เมื่อทดลองวิเคราะห์แมกนิจูดของทางช้างเผือก ที่ได้จากการสังเกตการณ์ด้วยกล้องดิจิตอล DSLR รุ่น Canon EOS 6D ในระหว่างเดือนเมษายน - มิถุนายน 2563 ณ เขื่อนภูมิพล จังหวัดตาก โดยใช้เวลาเปิดหน้ากล้อง 30 วินาที ด้วย ISO 800, 1000, 1250, 2000, 2500, 3200, 4000, 5000 แมกนิจูดของทางช้างเผือกอยู่ในช่วงเดียวกันในทุก ISO คือมีค่าประมาณ 5 – 6 ทั้งนี้เมื่อพิจารณาการสังเกตการณ์ทางช้างเผือกด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ดังตัวอย่างข้างต้น เห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์แมกนิจูดมีความสอดคล้องกับสภาพการมองเห็น และสภาพอากาศในขณะเก็บข้อมูล

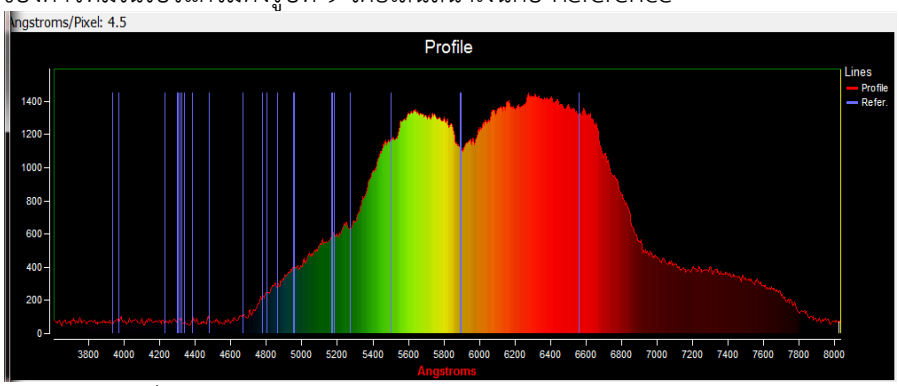
Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Vol. 4 No. 1 ISSN 2673-0480 (Online)

การศึกษาทางแสงที่จัดเป็นหลักพื้นฐานอีกประการหนึ่ง คือการศึกษาสเปกตรัม โดยอุปกรณ์ที่นักดาราศาสตร์ใช้กันทั่วโลกคือ spectrograph ซึ่งมีราคาค่อนข้างสูง และความละเอียดสูง เหมาะกับการทำวิจัยเชิงลึกได้ดี ซึ่งสำหรับนักดาราศาสตร์สมัครเล่นหรือผู้สนใจทั่วไปอาจทดลองถ่ายสเปกตรัมของดาวผ่านเกรตติงรุ่น Star Analyser 200 ดังรูปที่ 8 ซึ่งเป็นภาพถ่ายภาพสเปกตรัมของดาว Aldebaran โดยเก็บข้อมูลด้วยกล้อง DSLR รุ่น Canon EOS 6D ร่วมกับกล้องโทรทรรศน์ขนาด 150 มิลลิเมตร ผ่านเกรตติง ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา ฉะเชิงเทรา



รูปที่ 8 ภาพถ่ายสเปกตรัมของดาว Aldebaran
(ที่มา: ฉัตรชัย ใจสุนทร และคณะ, 2561)

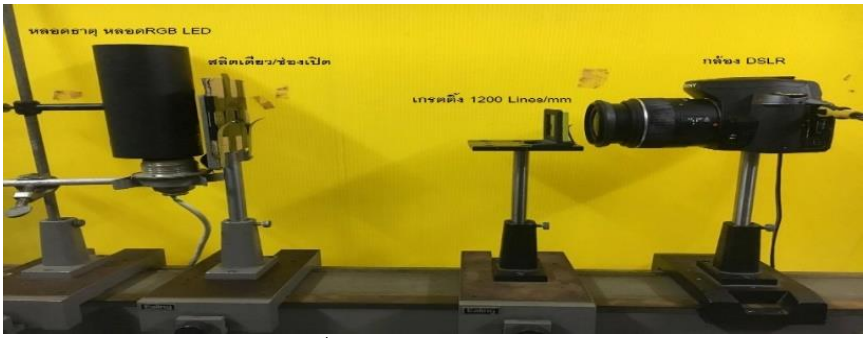
เมื่อนำภาพดังกล่าวไปวิเคราะห์สเปกตรัมด้วยโปรแกรม RSpec โดยเลือกจากดาวที่รู้ค่าความยาวคลื่นที่ต่ำที่สุด เป็นตัวสอบเทียบ จากนั้นจึงทดลองทำการเลือกช่วงที่ต้องการศึกษานำกราฟที่ได้จากดาวดวงอื่นๆ ไปเปรียบเทียบกับ Reference ประเภทของดาวที่มีในโปรแกรมดังรูปที่ 9 โดยเส้นสีน้ำเงินคือ Reference



รูปที่ 9 ภาพการนำ Reference ของดาว K type มาเปรียบเทียบ
(ที่มา: ฉัตรชัย ใจสุนทร และคณะ, 2561)

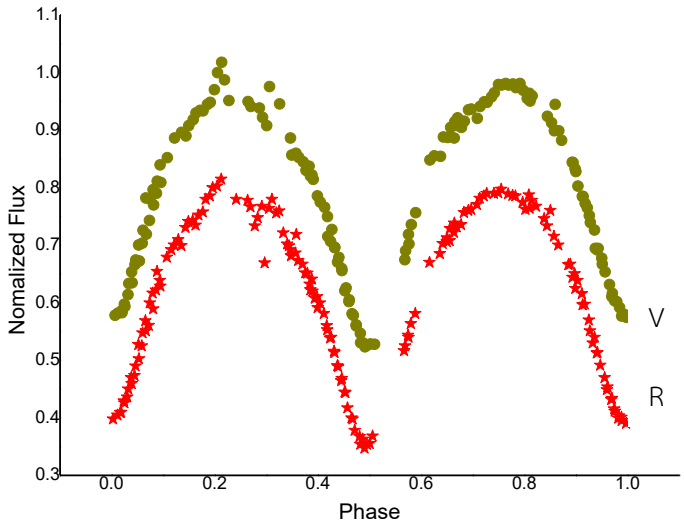
จากรูปจะพบว่าเมื่อนำ Reference ดาวใน spectral type ที่ถูกต้องที่มีในโปรแกรม RSpec มาเปรียบเทียบจะพบว่ามีช่วงจุด peak และช่วงที่เกิดการ Absorption ที่ค่อนข้างตรงกัน ทำให้สามารถที่จะบอกได้ว่าดาวดวงนั้นๆ อยู่ใน spectral type ใด และ spectral type ที่ได้มีความสอดคล้องตามฐานข้อมูลจาก simbad

นอกจากนี้ เมื่อทำการทดสอบโปรแกรม RSpec โดยศึกษาสเปกตรัมของหลอดธาตุจากภาพถ่ายสเปกตรัมของหลอดธาตุ Hg, Cd, Na ณ ห้องปฏิบัติการวิจัยเลเซอร์ และทัศนศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 ภาพการจัดอุปกรณ์การวิจัย
(ที่มา: สมเกียรติ โสภารัตน์ และคณะ, 2561)

จากการวิเคราะห์ภาพถ่ายสเปกตรัมของหลอดธาตุผ่านเกรตติงแบบทะลุผ่าน ขนาด 1200 lines/mm ด้วยการใช้โปรแกรม RSpec ในการวิเคราะห์ และใช้ RGB LED เป็นตัวสอบเทียบในการ Calibrate พบว่า ค่าสเปกตรัมของภาพถ่ายหลอดธาตุ Hg, Cd, Na มีค่าใกล้เคียงกับค่าจริงที่ใช้ไฟเบอร์ออปติกสเปกโตรโครมิเตอร์วัดค่าสเปกตรัมออกมา โดยมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย คือ 1.121 %



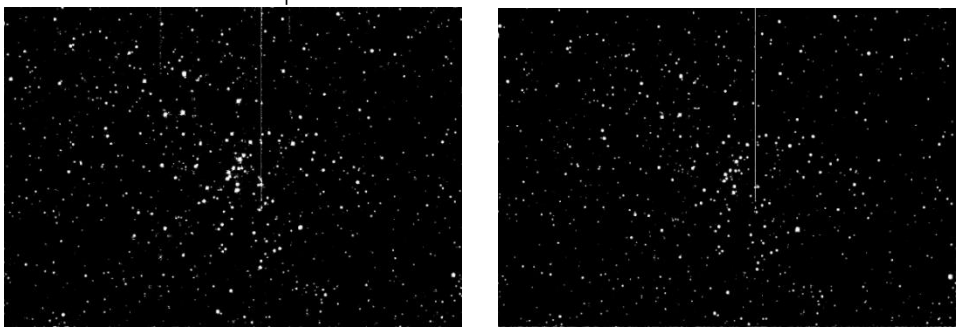
รูปที่ 11 กราฟแสงในช่วงความยาวคลื่นสีเหลือง สีแดง ของระบบดาวคู่ RW Pis
(ที่มา: เกตน์สิรี สุขมา และวิระภรณ์ ไหมทอง, 2558)

นอกจากนี้ ยังมีการสังเกตการณ์อีกแบบหนึ่งคือการใช้รีโมท หรือการสังเกตการณ์ผ่านระบบควบคุมระยะไกล เช่นการศึกษาแบบจำลองทางกายภาพของระบบดาวคู่ RW Pis โดยทำการสังเกตการณ์ ด้วยกล้องโทรทรรศน์ Prompt4 ขนาด 0.4 เมตร แบบ Ritchey-Chretien และใช้ CCDs รุ่น Apogee Alta ขนาด 1024x1024 pixels พร้อมด้วยฟิลเตอร์ระบบ UBV ณ Cerro Tololo Inter-American

Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Vol. 4 No. 1 ISSN 2673-0480 (Online)

Observatory (CTIO), Chile ผ่านเครือข่ายของสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2554 ในช่วงความยาวคลื่นสีเหลือง และสีแดง ได้กราฟแสดงดังรูปที่ 11 เมื่อวิเคราะห์กราฟแสงแล้วพบว่า ระบบดาวคู่ RW Pis ประกอบด้วยดาวทั้งสองดวงที่มีค่าอุณหภูมิไม่ต่างกันมาก จัดเป็นดาวคู่แบบใกล้ชิดชนิดดับเบิลยู เออร์ซา เมเจอร์ และมีแบบจำลองโครงสร้างทางกายภาพของระบบดาวคู่แบบแตะกันโดยมีร้อยละของการแตะกัน หรือ degree of contact ประมาณ 7.28 %

การสังเกตการณ์วัตถุท้องฟ้าผ่านระบบควบคุมระยะไกลอีกช่องทางหนึ่ง เป็นการเก็บข้อมูลผ่านระบบของเอกชน เช่น iTelescope ดังตัวอย่างการศึกษาระยะทางของกระจุกดาวเปิด M48 ด้วยกล้อง T5 ซึ่งเป็นกล้องขนาด 250 มิลลิเมตร ตั้งอยู่ที่ New Mexico ภาพถ่ายที่ได้แสดงดังรูปที่ 12 เมื่อวิเคราะห์ความสว่าง และคำนวณระยะทางได้ประมาณ 724 pc โดยมีความคลาดเคลื่อน 0.08%



(ก) ภาพ M48 จากฟิลเตอร์ B (ข) ภาพ M48 จากฟิลเตอร์ V

รูปที่ 12 กระจุกดาวเปิด
(ที่มา: Watcharapa Buaphean et.al., 2021)

สรุป

การวิเคราะห์ดาราศาสตร์ทางแสง มีปัจจัยที่สำคัญหลัก ๆ คือการสังเกตการณ์และการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลในปัจจุบัน มีซอฟแวร์ที่สามารถเข้าถึงได้สะดวกมากกว่าในอดีต พร้อมทั้งมีขั้นตอนการใช้ผ่านเครือข่ายอินเตอร์เนต โดยมีทั้งแบบแจกฟรี และแบบมีค่าใช้จ่าย ให้ผู้ใช้สามารถเลือกใช้ได้ตามวัตถุประสงค์ส่วนการสังเกตการณ์นั้น ในอดีตอาจจำกัดอยู่ในหอดูดาวที่มีกล้องโทรทรรศน์ขนาดใหญ่และอุปกรณ์รับสัญญาณ เช่น กล้องถ่ายซีซีดี และสเปกโตรกราฟ จึงจะได้ข้อมูลที่มีคุณภาพ และสามารถนำไปวิเคราะห์ต่อไปได้ แต่ในปัจจุบันเทคโนโลยีกล้องดิจิตอลได้พัฒนาคุณภาพดีขึ้นจากในอดีตอย่างมาก อีกทั้งยังมีราคาที่ถูกลงมากด้วย ทำให้ผู้สนใจทั่วไปสามารถจับต้อง และเป็นเจ้าของได้ ซึ่งการทดลองสังเกตการณ์วัตถุท้องฟ้าด้วยกล้องดิจิตอล ทั้งแบบผ่านกล้องดูดาว และการถ่ายภาพโดยตรงดังตัวอย่างที่กล่าวไปแล้ว เห็นได้ว่าการใช้อุปกรณ์อย่างง่ายในการสังเกตการณ์ดาราศาสตร์ทางแสง

สามารถวิเคราะห์ข้อมูลบางประการได้ ทั้งการหาตำแหน่งดาว การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคาบการแปรแสงของระบบดาวคู่ รวมไปถึงการวิเคราะห์สเปกตรัมเบื้องต้นของวัตถุท้องฟ้า ดังนั้นการสังเกตการณ์ดาราศาสตร์ทางแสงด้วยอุปกรณ์อย่างง่าย จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการพัฒนาการทำวิจัยทางดาราศาสตร์ในประเทศไทย ซึ่งอาจทำให้มีผู้สนใจทั้งที่อยู่ในสถาบันการศึกษาต่าง ๆ และผู้สนใจทั่วไป สามารถทำการศึกษาวิเคราะห์วัตถุท้องฟ้าในบางประเด็นได้ รวมทั้งยังสามารถใช้เป็นแนวทางในการทำวิจัยทั้งในระดับมหาวิทยาลัย และในระดับโรงเรียน ข้อมูลที่ได้มีคุณภาพเพียงพอในการวิเคราะห์ และเผยแพร่ทางวิชาการได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการวิจัยเลเซอร์ และทัศนศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่อนุเคราะห์อุปกรณ์ในการวิเคราะห์สเปกตรัม และขอขอบคุณหอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา ฉะเชิงเทรา และนครราชสีมา และสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ที่อนุเคราะห์ข้อมูล และอนุญาตให้ใช้สถานที่ พร้อมทั้งอุปกรณ์ในการสังเกตการณ์

เอกสารอ้างอิง

กฤษฎา บุญชม และ วิระภรณ์ ไหมทอง. (2560). การหาตำแหน่งดาวจากภาพถ่ายด้วยกล้องดิจิตอล DSLR ผ่านกล้องโทรทรรศน์ขนาดเล็ก. การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ครั้งที่ 9: 2560 “การบูรณาการงานวิจัยเพื่อพัฒนาชุมชนอย่างยั่งยืน”, 31 พฤษภาคม 2560.

เกตน์สิรี สุขมา และ วิระภรณ์ ไหมทอง. (2558). สมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่ RW Piscis Austrini. การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยทักษิณครั้งที่ 25 ประจำปี 2558 “วิจัยไทย เพื่ออนาคต”, 10-12 มิถุนายน 2558.

ฉัตรชัย ใจสุนทร, สมเกียรติ โสภารัตน์, อธิพงศ์ งามจารุโรจน์, อภิชาต ลิมปิชัยพานิช และวิระภรณ์ ไหมทอง. (2561). การวิเคราะห์ภาพถ่ายสเปกตรัมของดาวด้วย RSpec. การประชุมวิชาการดาราศาสตร์ระดับชาติครั้งที่ 3 (NCMAP 2018) “การพัฒนาดาราศาสตร์ในมหาวิทยาลัย 4.0”, 7-9 กุมภาพันธ์ 2561.

พัชริดา กันทะธง, สุทธยา สุริยะธง และ วิระภรณ์ ไหมทอง. (2564). การศึกษาแมกนิจูดของทางช้างเผือกจากภาพถ่ายจากกล้อง All Sky. การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ครั้งที่ 13 “การบูรณาการสหวิทยาการเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น” “Multidisciplinary Integration for Local Development”, 15 มิถุนายน 2564.

วิระภรณ์ ไหมทอง, ฉัตรชัย เครืออินทร์ และ ถนอมขวัญ เรียบเรียง. (2557). การหาตำแหน่งดาวจากภาพถ่ายกล้องดิจิตอล DSLR. การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ครั้งที่ 3: “การบูรณาการงานวิจัยไทยเชื่อมโยงกับเครือข่ายสังคมอาเซียน”, 17-18 ธันวาคม 2557.

วิระภรณ์ ไหมทอง และ ฉัตรชัย เครืออินทร์. (2557). การศึกษาทางแสงของระบบดาวคู่บางระบบโดยใช้กล้องโทรทรรศน์ขนาดเล็ก. รายงานวิจัย. มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

วิระภรณ์ ไหมทอง, ซูไฮมี สาแม, อมรรัตน์ ตาจุมปา และ นพมาศ พาจรทิศ. (2562). การศึกษาแมกนิจูดของกาแลกซีทางช้างเผือกจากภาพถ่าย 360 องศา. การประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยและงานสร้างสรรค์ระดับชาติ" งานวิจัยและงานสร้างสรรค์รับใช้สังคม" ประจำปี 2562, 12 – 13 กันยายน 2562.

วิระภรณ์ ไหมทอง, อัญชลี ยะกุณะ และ ฉัตรชัย เครืออินทร์. (2558). การเปลี่ยนแปลงคาบการแปรแสงของระบบดาวคู่แบบแตะกัน XY Leonis. การประชุมวิชาการระดับชาติ ราชภัฏวิจัย ครั้งที่ 3 “สหวิทยาการ งานวิจัย และนวัตกรรมอุดมศึกษาเพื่อการพัฒนาท้องถิ่นไทย ก้าวไกลสู่อาเซียน”, 20-22 พฤษภาคม 2558.

สมเกียรติ โสภารัตน์, ฉัตรชัย ใจสุนทร, อธิพงศ์ งามจารุโรจน์, อภิชาต ลิมปิชัยพานิช และวิระภรณ์ ไหมทอง. (2561). การวิเคราะห์ภาพถ่ายสเปกตรัมของหลอดธาตุ Hg Cd Na ด้วย RSpec. การประชุมวิชาการดาราศาสตร์ระดับชาติครั้งที่ 3 (NCMAP 2018) “การพัฒนาดาราศาสตร์ในมหาวิทยาลัย 4.0”, 7-9 กุมภาพันธ์ 2561.

Hannu Karttunen, Pekka Kroger, Heikki Oja, Markku Poutanen and Karl J. Donner. (2006). Fundamental Astronomy 5th Edition. USA: Springer – Verleg Berlin Heidelbery New York.

Watcharapa Buaphean, Onnicha Naksathit and Wiraporn Maithong. (2021). Sky objects observation via operated remotely. In Press.

Wiraporn Maithong and Parinda Phao-ai. (2017). Period Change of a Contact Binary System RW Comae Berenices. AIP Conference Proceedings, 1868, 060012.

Wiraporn Maithong, Piyapong Kunsit and Warakorn Ramung. (2021). Application of Convex Mirrors to Study the Magnitude of the Milky Way Using STEM Education. 2021 6th International STEM Education Conference (iSTEM-Ed), DOI: 10.1109/iSTEM-Ed52129.2021.9625116.

Received: 4 November 2021
Revised: 3 December 2021
Accepted: 11 December 2021

ทวิตเตอร์กับการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
Twitter and Science Process Skills Development

สุภัทร สายรัตนอินทร์[1*]
Supat Sairattanain[1]
[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ
[*] supat.s@sskru.ac.th

บทคัดย่อ

บทความวิชาการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอแนวทางในการพัฒนาทักษะการจำแนกประเภท ซึ่งเป็นหนึ่งในทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยนำข้อมูลข่าวสารที่อยู่ในโลกออนไลน์ซึ่งสามารถเข้าถึงได้ง่ายและมีแหล่งที่มาหลากหลาย มาจำแนกเป็นหมวดหมู่ โดยผู้เขียนเลือกข้อมูลข่าวสารออนไลน์จากสื่อทวิตเตอร์ (Twitter) เนื่องจากเป็นสื่อออนไลน์ที่วัยรุ่นให้ความสนใจและมีการจำกัดข้อความในการเผยแพร่ข้อมูลทำให้จับใจความได้ง่าย และเลือกหัวข้อในการจำแนกข้อมูลเป็นข่าวการเผยแพร่การระบาดของโควิด-19 (COVID-19) เนื่องจากเป็นหัวข้อที่ทุกคนให้ความสนใจและเป็นเรื่องใหม่ ผู้เรียนจึงมีความเข้าใจพื้นฐานที่ใกล้เคียงกัน จากทวิตเตอร์ของหน่วยงานราชการ 3 แห่ง คือ (1) ศูนย์ข้อมูล COVID-19 (2) กระทรวงสาธารณสุข (3) สำนักข่าวไทย เพื่อตัดข้อมูลข่าวสารที่เป็นข่าวปลอมหรือไม่มีความน่าเชื่อถือออกไป โดยกำหนดให้นำข้อมูลระหว่างวันที่ 1-7 มกราคม 2564 ซึ่งเป็นช่วงวันหยุดปีใหม่ มีการเดินทางของผู้คนจำนวนมาก มาทำการวิเคราะห์แยกแยะเนื้อหาตามเป้าประสงค์ในการสื่อสารข้อมูล เป็นการฝึกให้ผู้เรียนสามารถแยกแยะข้อมูลจากสื่อได้โดยใช้คำ วลี หรือ ประโยค เป็น 3 กลุ่ม คือ (1) การเสนอข้อมูล (2) การเสนอแนวทางการแก้ปัญหา และ (3) การพยายามสร้างสมานฉันท์ในสังคมในช่วงวิกฤติ โดยผู้เขียนได้นำเสนอวิธีการจำแนกข้อมูลไว้เป็นแนวทางให้ผู้สอนวิทยาศาสตร์ได้นำไปใช้จัดกิจกรรมเพื่อเสริมสร้างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียน เพื่อกระตุ้นกระบวนการเรียนรู้ผ่านการขัดแย้งทางปัญญาระหว่างสมาชิกในกลุ่ม อันจะนำมาซึ่งการโต้แย้ง และวิพากษ์วิจารณ์ความเป็นไปได้ของการจัดหมวดหมู่ข้อมูลอันจะก่อให้เกิดการฝึกฝนความคิดอย่างเป็นระบบในการแสวงหาความรู้ จนเกิดความชำนาญเป็นทักษะทางสติปัญญาที่ได้มาจากการใช้กระบวนการและวิธีการทางวิทยาศาสตร์

คำสำคัญ: ทวิตเตอร์, ทักษะการจำแนกประเภท, โควิด-19

Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Vol. 4 No. 1 ISSN 2673-0480 (Online)

Abstract

This article offers ways to use information from Twitter to develop learners' classifying skill which is considered as one of science process skills. The authors chose online information from Twitter because it was one of the famous online medium that was interested in teenagers and limited messages to each release, indicating that the information published was easily comprehended. Data resources include news related to the coronavirus (COVID 19) outbreak situation, as it has had a profound impact on learners' lives throughout the 2021 academic year. Moreover, this data resource is related to learners' schema which they have perceived through various media. This will be beneficial for learners since they might have similar knowledge about the topic. Three government Twitter accounts were chosen because of its reliability namely; 1) @Covid19Thailand 2) @pr_moph and 3) @TNAMCOT. The time frame was the first week of 2021 since there were a lot of people travelling by new year period. Then, the classification process will include identifying words, phrases and sentences presenting three categories of data namely; (1) presentation of the situation (2) integrating social media into plans (3) creating social cohesion during the pandemic. The author suggests a possible way to integrate classification to promote science process skills gaining from stimulating intellectual conflicts between group members. This will lead to controversy and criticizes the possibility of categorizing information. Therefore, systematic thinking can be practiced, so learners' scientific thinking skills can be enhanced.

Keywords: twitter, classifying skill, COVID-19

บทนำ

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะสำคัญที่แสดงถึงการมีกระบวนการคิด อย่างมีเหตุมีผลตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทำให้ผู้เรียนและผู้ปฏิบัติเกิดความเข้าใจในเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ สามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองไปสู่กระบวนการคิดที่ซับซ้อนมากขึ้น จึงอาจกล่าวได้ว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถในการลำดับการคิดอย่างมีเหตุมีผล ซึ่งทำให้ผู้เรียนเรียนรู้และมีความ

เข้าใจในเนื้อหาตลอดจนปรากฏการณ์ธรรมชาติต่าง ๆ อันอยู่ในขอบเขตของวิทยาศาสตร์และข้อเท็จจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยหากมีการฝึกการนำความรู้เดิมมาใช้ในการตีความข้อมูลใหม่ จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถขยายแนวความคิดจากข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ (pieces of information) และเชื่อมโยงข้อมูลเหล่านั้นเพื่อนำมาใช้อธิบายภาพรวม (overall concept) ของปรากฏการณ์ใดปรากฏการณ์หนึ่งได้อย่างมีเหตุผล ซึ่งความสามารถการคิด แยกแยะ วิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวจะสามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงได้ ไม่จำกัดแค่ในห้องเรียนเท่านั้น

สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (The American Association for the Advancement of Science : AAAS, 1970) จำแนกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภท คือ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน (basic or simpler science process skill) และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน (integrated or more complex science process skill) โดยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ประกอบไปด้วย 8 ทักษะ คือ การสังเกต, การวัด, การจำแนกประเภท, การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา, การใช้ตัวเลข, การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล, การลงความเห็นจากข้อมูล, และ การพยากรณ์ ในส่วนของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน ประกอบไปด้วย 5 ทักษะ คือ การตั้งสมมติฐาน, การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ, การกำหนดและควบคุมตัวแปร, การทดลอง และ การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป ซึ่งทักษะเหล่านี้นั้นเป็นทักษะที่สามารถนำมาใช้ได้ทั้งการวิจัยและการฝึกการใช้ตรรกะในชีวิตประจำวัน (Lederman, 2006)

เพื่อจะให้ผู้เรียนวิทยาศาสตร์มีความรู้ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ผู้เรียนมักจะเรียนรู้ด้วยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ อาทิเช่น การสอนวิทยาศาสตร์แบบโครงงาน (project-based science instruction : PIBI) ผู้เรียนที่เรียนแบบโครงงานต้องมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ตามระดับความรู้อันหลากหลายของผู้เรียนแต่ละคน นอกจากการสอนแบบโครงงานแล้ว ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ยังสามารถนำมาใช้ในการเรียนการสอนแบบอื่น ๆ เช่น การสอนแบบสืบเสาะหรือ (inquiry-based instruction) นั้นเป็นวิธีที่ผู้สอนวิทยาศาสตร์ยอมรับกันว่าเหมาะสมสำหรับการสอนเพื่อให้เกิดทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Capps & Crawford, 2013) สำหรับวิธีการสอนวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยในยุคนี้เน้นการเรียนรู้แบบการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (constructivism) โดยเน้นให้ผู้เรียนเป็นผู้สร้างและสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง โดยการนำสิ่งที่พบเห็นหรือประสบการณ์ที่ได้รับมาเชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่ตนเองมี จนกลายเป็นโครงสร้างทางปัญญา นำมาซึ่งรูปแบบการเรียนรู้ที่ผู้สอนวิทยาศาสตร์ใช้อยู่ในปัจจุบัน ได้แก่ รูปแบบ 5E (5E learning model) ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอนได้แก่ การวางแผน (engage) การสำรวจ (explore)

การอธิบาย (explain) การขยายความรู้ (elaborate) และการประเมิน (evaluate) โดยขั้นตอนเหล่านี้จะมีการผนวกทักษะทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายไว้ในรูปแบบการเรียนการสอนแบบนี้ (Bybee et al., 2006)

การสืบเสาะเพื่อหาความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (scientific inquiry) นั้น อาจเชื่อมโยงไปสู่การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (problem based learning : PBL) ได้อีกด้วย โดยปกติแล้วผู้สอนวิทยาศาสตร์จะเน้นให้ผู้เรียนรู้จักการสังเกต การตั้งคำถาม การสำรวจหาข้อมูลจากหนังสือ ตำรา หรือแหล่งข้อมูลอื่น ๆ ที่มีอยู่ตามแหล่งต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถรวบรวม วิเคราะห์ และตีความข้อมูล นำเสนอคำตอบ อธิบายและทำนายผลจากข้อมูลการทดลอง ตลอดจนฝึกฝนการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ ได้ด้วยเป้าประสงค์หลักให้ผู้เรียนที่เรียนด้วยการสืบเสาะเพื่อหาความรู้ด้านวิทยาศาสตร์นี้จะมีความสามารถในการตั้งข้อสมมติ (assumption) ใช้ความคิดแบบวิเคราะห์อย่างเป็นเหตุเป็นผล และพิจารณาหาคำอธิบายหลายๆ อย่างสำหรับพิสูจน์ข้อสมมติที่ตนเองตั้งไว้ได้ (Pruitt, 2014)

อย่างไรก็ดีโจทย์ของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (problem based learning : PBL) นั้นมักจะเน้นไปที่โครงงานวิทยาศาสตร์ที่เน้นเนื้อหาเป็นหลัก ในบทความนี้ผู้เขียนต้องการเสนอการฝึกฝนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้เนื้อหาที่มาจากสื่อสังคมออนไลน์เป็นเนื้อหาในการฝึกฝนการสังเกต แยกแยะ และสรุปผลจากข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์ให้ผู้อื่นได้รับทราบ เนื่องจากผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ทั้งกระบวนการการฝึกฝนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเนื้อหาความเป็นไปทางสังคมได้ในคราวเดียวกัน อันจะมีประโยชน์ในการฝึกให้ผู้เรียนวิทยาศาสตร์มีความสามารถในการจำแนกข้อมูลโดยใช้ตัวอย่างจากสถานการณ์จริงที่สะท้อนความเป็นไปของสังคมและวัฒนธรรมสื่อสารมวลชน เพราะเป็นที่ยอมรับกันว่า บางครั้งสื่อนั้นมีพฤติกรรมการชี้นำผู้คนในสังคมให้คิด ให้ยอมรับตามที่สื่อชี้นำ เนื่องจากบ่อยครั้งที่ความเห็นของคนทั่วไปเกิดจากความเชื่อ บุคคลที่เราให้การยอมรับหรือคนที่เราอยากคล้อยตามเป็นหลักโดยไม่มีมีการวิเคราะห์แยกแยะข้อมูลเท่าใดนัก เพราะคนในสังคมสมัยใหม่ รับรู้เหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์โดยอ้อม ซึ่งก็คือผ่านสื่อสารมวลชน หรือที่เรียกว่าประสบการณ์ผ่านสื่อ (Mediated-Experience) (ณัฐนันท์ ศิริเจริญ, 2012) ด้วยเหตุนี้การนำข้อมูลจากสื่อมาให้ผู้เรียนได้ฝึกจำแนกแยกแยะจึงเป็นพื้นฐานสู่การเป็นผู้บริโภคข่าวสารที่มีวิจารณญาณได้ในอนาคต

การนำข้อมูลข่าวสารจากสื่อที่เกิดขึ้นในโลกปัจจุบัน มาใช้ในการฝึกทักษะการคิดตามหลักของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นประเด็นที่น่าสนใจ เพราะผู้เรียนที่เป็นวัยรุ่นมีความรู้เดิมที่เกี่ยวข้องกับข่าวสารรอบตัวเป็นอย่างดีจากการบริโภคข้อมูลผ่านระบบอินเตอร์เน็ตและสังคมออนไลน์ ซึ่งจะทำให้สามารถเชื่อมโยงและขยายแนวคิดเดิมเข้ากับวิธีการหาความรู้แบบมีขั้นตอนตามกระบวนการวิทยาศาสตร์ได้ง่าย ด้วยเหตุนี้

ผู้เขียนจึงมีความเห็นว่าการนำข่าวปัจจุบันมาวิเคราะห์เพื่อฝึกทักษะการจำแนกประเภท (classification) หรือความสามารถในการจัดจำแนกหรือเรียงลำดับปรากฏการณ์ต่าง ๆ เป็นหมวดหมู่โดยอาจใช้เกณฑ์เป็นความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่ง เพื่อจัดให้สิ่งที่มีสมบัติบางประการร่วมกันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกันได้

ทวิตเตอร์ (Twitter) เป็นบริการเครือข่ายสังคมออนไลน์ที่ผู้ใช้สามารถส่งข้อความให้ผู้อื่นเห็นได้ โดยส่งข้อความได้ครั้งละไม่เกิน 280 อักขระ และเรียกการส่งข้อความหรือการโพสต์นี้ว่า ทวิต (Tweet) ซึ่งเหมาะสมในการนำมาวิเคราะห์เนื่องจากมีการจำกัดอักษรในการนำเสนอข้อมูล ดังนั้นผู้เขียนจะต้องคัดกรองเฉพาะใจความหลักที่ต้องการสื่อสารเท่านั้น นอกจากนั้นการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างพื้นฐานทางการสื่อสารที่ก้าวเข้าสู่ยุคดิจิทัลทำให้ประชาชนจากที่เคยพึ่งพาสื่อมวลชนกระแสหลัก เช่น หนังสือพิมพ์ วิทยุ และ โทรทัศน์ ได้หันมาเลือกรับข้อมูลข่าวสารจากสื่อออนไลน์ เช่น ทวิตเตอร์ที่รวดเร็วและสอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคข่าวสารในทุกกลุ่มของความหลากหลายในทุกมิติมากขึ้น (วีระพล วงษ์ประเสริฐ ธัญวรัตม์ เจียรประดิษฐ์ และ สุพัตรา โคบุตร, 2563) โดยเฉพาะอย่างยิ่งทวิตเตอร์ได้ถูกนำมาใช้ในการเตือนภัยต่าง ๆ เพราะข่าวสารสามารถส่งต่อได้อย่างรวดเร็วผ่านการรีทวิต ทำให้ผู้คนรับรู้ข่าวสารและโต้ตอบกันได้แบบเรียลไทม์ เช่น ภาวะเฮอริเคนแซนดี้ถล่มสหรัฐอเมริกาเมื่อปี 2555 มีการส่งข่าวสารการขอความช่วยเหลือและเตือนภัยผ่านทวิตเตอร์ จนทำให้ทวิตเตอร์ได้มีการพัฒนารูปแบบการใช้งานใหม่ที่ช่วยเพิ่มศักยภาพในการเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารสาธารณภัยอันถือเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินการดังกล่าวได้เป็นอย่างดีและเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อภารกิจในด้านการเตรียมความพร้อมรับมือและป้องกันแก้ไขปัญหาภัยพิบัติเพื่อป้องกันการสร้างข่าวปลอมที่อาจทำให้สังคมตื่นตระหนกได้ ด้วยเหตุนี้การที่ผู้เรียนได้รู้จักวิธีการแยกแยะข้อมูลอาจเป็นประโยชน์ต่อพฤติกรรมการรับรู้ข่าวสารได้

ผู้เขียนจึงขอเสนอแนวทางในการนำประเด็นที่กำลังเป็นเรื่องที่น่าสนใจในสังคมซึ่งผู้เรียนพบเห็นได้บ่อย ๆ ในสื่อทั่วไป คือข่าวการแพร่ระบาดของโควิด-19 จากทวิตเตอร์ 3 แหล่ง ที่มีความน่าเชื่อถือ ได้แก่ ศูนย์ข้อมูล COVID-19 กระทรวงสาธารณสุข และ สำนักข่าวไทย มาจำแนกประเภทเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ การเสนอข้อมูล การเสนอแนวทางการแก้ปัญหา และการพยายามสร้างสมานฉันท์ในสังคมในช่วงวิกฤติ เพื่อเป็นการพัฒนาทักษะการจำแนกประเภท ผ่านรูปแบบการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (constructivism)

เนื้อเรื่อง

ขั้นตอนในการดำเนินการ เริ่มจากการกำหนดแหล่งที่มาของข้อมูลข่าวสารออนไลน์ซึ่งต้องเป็นแหล่งที่มาของข่าวสารออนไลน์ที่มีความน่าเชื่อถือ สำหรับนำมา

จำแนกประเภทข้อมูล โดยมีการคัดเลือกเกณฑ์อย่างเหมาะสม ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางการสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การเลือกหัวข้อและแหล่งที่มาของข้อมูลข่าวสารออนไลน์

การเลือกแหล่งของข้อมูลข่าวสารที่จะนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์นั้นควรมุ่งเน้นไปที่เนื้อหาสภาวการณ์ในปัจจุบันเป็นสำคัญ เพราะเป็นข้อมูลที่ผู้เรียนพอมีพื้นฐานความเข้าใจอยู่บ้างแล้ว อันจะทำให้สามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมเข้ากับกระบวนการการวิเคราะห์แยกแยะได้ง่ายกว่าข้อมูลที่ผู้เรียนไม่เคยรับรู้มาก่อน ด้วยเหตุนี้ผู้เขียนจึงเลือกหาแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด-19 เนื่องจากมีผลกระทบอย่างยิ่งกับการเรียนการสอนออนไลน์ในรายวิชาต่าง ๆ ตลอดปีการศึกษา 2563 และ 2564 ซึ่งการระบาดของโควิด-19 ส่งผลกระทบต่อระบบการศึกษาเป็นอย่างมาก เนื่องจากทั้งผู้เรียนและผู้สอนต้องมีการปรับตัวในการเรียนการสอนจากการเรียนในห้องเรียน เป็นการเรียนออนไลน์ เมื่อได้หัวข้อแล้วผู้เขียนได้พยายามคัดกรองข้อมูลที่เชื่อถือได้ในทวิตเตอร์โดยยึดการพิจาณาข้อมูลที่ Atodiresei, Tănăselea, & Iftene, A. (2018) ได้เสนอไว้ว่าการเสพสื่ออย่างสร้างสรรค์บนโลกโซเชียลซึ่งมีทั้งข่าวจริงและข่าวปลอมนั้นควรพิจารณาประเด็นเหล่านี้ (1) พิจารณาหัวข้อข่าว เนื่องจากข่าวปลอมมักมีข้อความพาดหัวที่สะดุดตาที่ใช้ตัวหนาและเครื่องหมายอัศเจรีย์ (!) หากหัวข้อข่าวฟังดูหวือหวาและไม่น่าเป็นไปได้ ข่าวนั้นก็น่าจะเป็นข่าวปลอม (2) พิจารณาลิงก์อย่างถี่ถ้วน ลิงก์ปลอมหรือลิงก์ที่ดูคล้ายลิงก์จริง อาจเป็นสัญญาณเตือนของข่าวปลอม เว็บไซต์ข่าวปลอมจำนวนมากปรับเปลี่ยนลิงก์เล็ก ๆ น้อย ๆ เพื่อเลียนแบบแหล่งข่าวจริง (3) ตรวจสอบแหล่งข่าว ตรวจสอบให้แน่ใจว่าเรื่องราวนั้นเขียนขึ้นโดยแหล่งข่าวที่เชื่อถือได้และมีชื่อเสียงด้านการให้ข้อมูลที่ถูกต้อง หากเรื่องราวนั้นมาจากแหล่งข่าวที่คุณไม่รู้จัก ให้ตรวจสอบที่ส่วน “เกี่ยวกับ” ของแหล่งข่าวนั้นเพื่อเรียนรู้เพิ่มเติม (4) สังเกตสิ่งที่ผิดปกติ เว็บไซต์ข่าวปลอมหลายแห่งมักสะกดคำผิดหรือมีการจัดวางรูปแบบที่ดูไม่เป็นมืออาชีพ หากคุณเห็นลักษณะเหล่านี้ควรอ่านข่าวอย่างระมัดระวัง

เมื่อพิจารณาจากข้อควรระวังทั้งหมดแล้ว ผู้เขียนเลือกแหล่งข่าวของหน่วยงานราชการไทยที่มีการนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับภาวะของการแพร่ระบาดของโควิด-19 ผ่านทวิตเตอร์ มาสามแหล่งคือ (1) ศูนย์ข้อมูล COVID-19 (2) กระทรวงสาธารณสุข (3) สำนักข่าวไทย โดยกำหนดให้นำข้อมูลระหว่างวันที่ 1 - 7 มกราคม 2564 มาใช้เป็นชุดข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์แยกแยะเนื้อหา เนื่องจากช่วงดังกล่าวเป็นช่วงของการระบาดระลอกใหม่ จึงอาจคาดหวังได้ว่าจะมีข้อมูลนำเสนอค่อนข้างมากในช่วงอาทิตย์แรกของปี

ขั้นตอนที่ 2: การคัดเลือกเกณฑ์ที่เหมาะสมในการแยกแยะข้อมูล

เนื่องจากผู้เขียนต้องการมุ่งเน้นไปที่ทักษะการจำแนกประเภท (Classification) การจำแนก หมายถึงกระบวนการจำแนกหรือจัดจำพวกวัตถุหรือเหตุการณ์ออกเป็นประเภทต่าง ๆ โดยมีเกณฑ์ในการจำแนกหรือจัดจำพวกของข้อมูล จึงจำเป็นต้องมีการเลือกเกณฑ์มาใช้เพื่อสร้างกรอบแนวคิดให้กับผู้เรียน เกณฑ์ที่นำมาใช้คือเกณฑ์ที่ได้มาจากการวิจัยการใช้ทวิตเตอร์ในช่วงวิกฤติภัยธรรมชาติในสหรัฐอเมริกาในช่วงปี 2017-2018 ซึ่งเป็นงานวิจัยของ Han (2019) เนื่องจากเป็นการใช้ทวิตเตอร์ในวัตถุประสงค์เพื่อการการเสนอข้อมูลในช่วงที่สังคมเกิดปัญหาคล้ายกับในช่วงปัจจุบัน โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์เนื้อหาในทวิตประกอบไปด้วยสามประเด็นหลักดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เกณฑ์การแยกแยะหน้าที่ของการทวิตเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์วิกฤติ

หมวดหมู่ของข้อมูล	เนื้อหาในทวิตเตอร์
1. การนำเสนอข้อมูล	แสดงข้อมูลอัพเดทที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์
2. การนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหา	นโยบายการจัดการปัญหาในรูปแบบต่าง ๆ
3. การพยายามสร้างสมานฉันท์ในสังคมในช่วงวิกฤติ	การให้กำลังใจในช่วงเวลาคับขัน

ขั้นตอนที่ 3: การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (constructivism)

รุ่งทิวา การะกุล และ ประสาท เนืองเฉลิม (2016) ได้ให้ข้อสรุปจากการศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ไว้ว่าจุดเด่นของการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง คือ การเน้นกระบวนการที่ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจในระดับห้องเรียน โดยนักเรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ด้วยตัวเองอย่างกระตือรือร้นและเต็มใจ ผู้เรียนจะเป็นผู้ปฏิบัติกิจกรรมโดยเน้นการสืบเสาะเพื่อให้ผู้เรียนได้ค้นพบ สูตร กฎเกณฑ์ มโนมติด้วยตนเอง ผู้สอนจะมีบทบาทเพียงผู้จัดสถานการณ์ให้กับผู้เรียนด้วยวิธีการต่าง ๆ เท่านั้น เพื่อให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงความคิดใหม่ ๆ กับประสบการณ์ที่สั่งสมไว้แล้ว นำไปสู่แนวทางในการแก้ไขปัญหาและค้นพบสิ่งที่ต้องการจะเรียนรู้ด้วยตนเอง

ด้วยเหตุนี้ผู้สอนจึงควรตกลงกับผู้เรียนตั้งแต่ต้นว่าจะมีการนำวิธีการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (problem based learning : PBL) ซึ่งเป็นรูปแบบการเรียนรู้ตามทฤษฎีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (constructivism) มาใช้เพื่อฝึกกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่าด้วยเรื่องการแยกแยะ

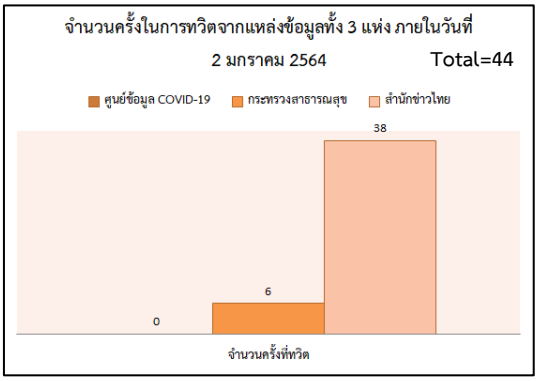
ข่าวสารจากทวิตเตอร์ โดยผู้เรียนจะได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง มีการอภิปราย การแสดงความคิดเห็น ทั้งเป็นกลุ่มและรายบุคคล เพื่อร่วมกันหาข้อสรุป ข้อเท็จจริงที่สมเหตุสมผล จากประเด็นปัญหาที่นำไปสู่ความรู้ตามจุดประสงค์ที่กำหนดคือการแยกแยะหน้าที่ของทวิตเตอร์จากทั้งสามแหล่งที่นำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับโควิด-19

สรุป

ผู้เขียนขอเสนอแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามขั้นตอนของกระบวนการเรียนรู้ตามแนวทางการสร้างความรู้ด้วยตนเองที่ ทิศนา แขมมณี (2552 : 291-293) เสนอไว้ คือ ขั้นการสร้างความขัดแย้งทางปัญญา โดยให้ผู้สอนได้เกริ่นถึงประเด็นการแยกแยะข่าวปลอม (fake news) ที่เป็นปัญหาสำคัญในคนยุค 4.0 ขั้นการดำเนินกิจกรรม ไตร่ตรอง คือการกำหนดให้สมาชิกแต่ละกลุ่มช่วยกันพิจารณาแยกแยะข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด-19 จากทวิตเตอร์สามแหล่งหลัก ๆ โดยเริ่มต้นด้วยการแยกหน้าที่ของการทวิตแต่ละครั้งว่าจัดอยู่ในประเภทใด ระหว่าง (1) การเสนอข้อมูล (2) การเสนอแนวทางแก้ปัญหา หรือ (3) เป็นการพยายามสร้างสมานฉันท์ในสังคมในช่วงวิกฤติ ก่อนที่จะนำไปสู่ขั้นสรุปผลหรือการสร้างโครงสร้างใหม่ทางปัญญาเพื่อให้ผู้เรียนสะท้อนถึงสิ่งที่ได้เรียนรู้จากชุดข้อมูลที่ผู้สอนกำหนดให้ อีกทั้งมีการฝึกทักษะและนำข้อมูลมานำเสนอให้ผู้อื่นได้รับทราบซึ่งเป็นการฝึกทักษะการสื่อสารอีกด้วย โดยผู้สอนมีบทบาทเพียงเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการจัดกิจกรรมการเรียน โดยผู้เรียนมีการนำเสนอตัวอย่างการจัดข้อมูลดังนี้

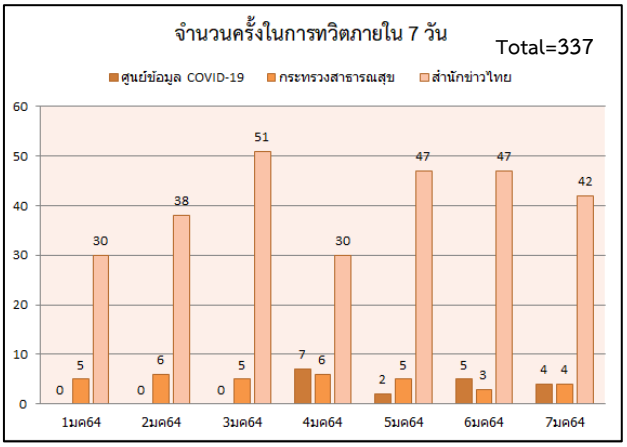
ขั้นตอนที่ 1: การนับจำนวนทวิตเตอร์จากแหล่งข้อมูลทั้งสามแหล่งในแต่ละวัน

นับจำนวนครั้งในการทวิตข่าวที่มีข้อมูลเกี่ยวข้องกับสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด-19 ของแหล่งข่าวทั้ง 3 ในวันที่ 2 มกราคม 2564 ได้ทั้งหมด 44 ครั้ง ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งข่าวและข่าวที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด-19 ใน 1 วัน

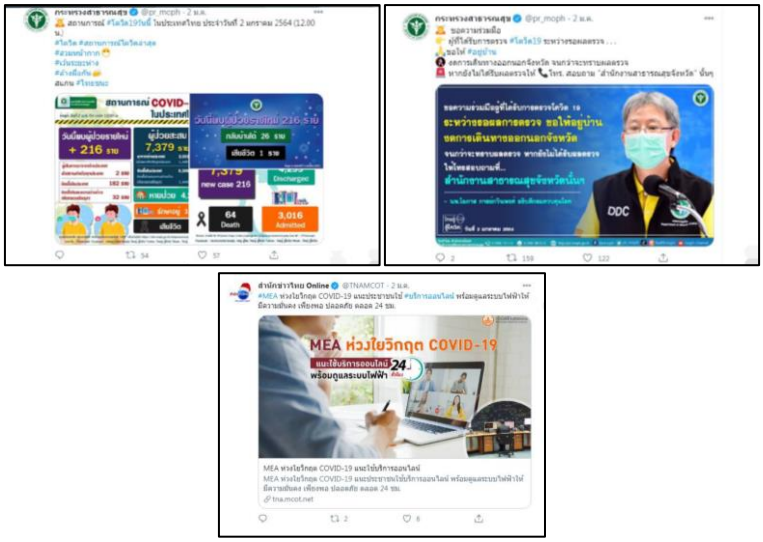
จากแหล่งข่าวทั้ง 3 แหล่ง นับจำนวนครั้งในการทวิตข่าวที่มีข้อมูลเกี่ยวข้องกับสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด-19 ตั้งแต่วันที่ 1-7 มกราคม 2564 ได้ทั้งหมด 337 ครั้ง โดยเป็นการทวิตจาก ศูนย์ข้อมูล COVID-19 จำนวน 18 ครั้ง กระทรวงสาธารณสุข จำนวน 34 ครั้ง และ สำนักข่าวไทย จำนวน 285 ครั้ง ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งข่าวและข่าวที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด-19 ภายใน 1 สัปดาห์

ขั้นตอนที่ 2: การแยกแยะหมวดหมู่ของข้อมูลในวันนั้น ๆ ว่ามีแต่ละทวิตมีหน้าที่อะไร

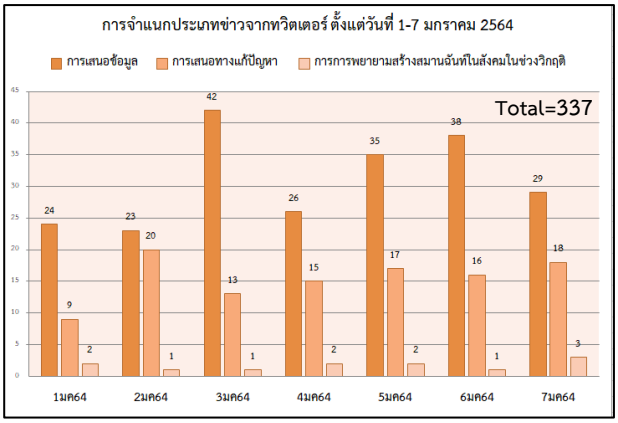
ขั้นตอนนี้เป็นการฝึกให้ผู้เรียนสามารถแยกแยะข้อมูลจากสื่อได้โดยใช้คำ วลี ประโยค ที่มีการสื่อความหมายไปใน (1) การเสนอข้อมูล คำที่ใช้คือการบอกจำนวน ตัวเลขผู้ติดเชื้อ ตัวเลขของกลุ่มเสี่ยงสูง แถลงการณ์การแพร่ระบาดของโควิด-19 เวลาเปิด ปิด สถานที่ของแต่ละพื้นที่ (2) การเสนอแนวทางแก้ปัญหา แยกแยะได้โดยทวิตที่มีความหมายสื่อไปถึง มาตรการต่าง ๆ ที่นำมาใช้ป้องกันการกระจายตัวของโรค วิธีการป้องกันตัวจากโรค (3) การพยายามสร้างสมานฉันท์ในสังคมในช่วงวิกฤติ อันอาจรวมไปถึงถ้อยความแสดงความห่วงใย การให้กำลังใจกันในช่วงวิกฤติ เป็นต้น ตัวอย่างของการจัดหมวดหมู่ของข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ คือ วันที่ 2 มกราคม 2564 กระทรวงสาธารณสุขทวิตเนื้อหาเกี่ยวกับจำนวนผู้ป่วยสะสมจึงจัดอยู่ในหมวดหมู่การเสนอข้อมูล และทวิตเกี่ยวกับการปฏิบัติตนของผู้ที่ได้รับการตรวจแล้วจัดอยู่ในหมวดหมู่การเสนอทางแก้ปัญหา และสำนักข่าวไทยทวิตเกี่ยวกับการดูแลระบบไฟฟ้าให้ประชาชนจัดอยู่ในหมวดหมู่การพยายามสร้างสมานฉันท์ในสังคมในช่วงวิกฤติ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ตัวอย่างการจัดหมวดหมู่ข่าวที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด-19 ในวันที่ 2 มกราคม 2564

ขั้นตอนที่ 3 : นำเสนอภาพรวมหมวดหมู่ของข้อมูลรายวัน เพื่อให้เห็นภาพว่าการทวิตมีหน้าที่อะไรบ้าง

ขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างโอกาสให้ผู้เรียนสามารถสื่อสารและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากทักษะการสื่อสารเป็นการวางรากฐานที่มั่นคงต่อชีวิตต่อไปดังนั้นผู้เรียนจึงควรฝึกฝนการใช้ทักษะการสื่อสารที่ถูกต้อง เหมาะสมกับสถานการณ์ รู้จักเลือกใช้ข้อมูลสนับสนุนการสื่อสาร สามารถสรุปความรู้ที่ได้รับอย่างรวดเร็ว ถูกต้องครบประเด็น สามารถถ่ายทอดความรู้หรืออธิบายและบรรยายเรื่องราวต่าง ๆ ที่ซับซ้อนได้ ในขั้นตอนนี้ผู้สอนสามารถเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการนำเสนอหมวดหมู่ของข้อมูลที่ตนเองได้แยกแยะมา อีกทั้งอาจเปิดโอกาสให้มีการเปรียบเทียบชุดข้อมูลในแต่ละวันเพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกสังเกตความเหมือนและความต่างของข้อมูล โดยผลการจำแนกข้อมูลข่าวเกี่ยวกับโควิด-19 จากทั้ง 3 แหล่งข้อมูล ตั้งแต่วันที่ 1-7 มกราคม 2564 พบว่ามีการทวิตทั้งหมด 337 ครั้ง โดยเป็นการเสนอข้อมูล 217 ครั้ง (ร้อยละ 64) รองลงมาคือการเสนอแนวทางการแก้ปัญหา 108 ครั้ง (ร้อยละ 32) และเป็นทวิตที่เกี่ยวข้องกับการพยายามสร้างสมานฉันท์ในสังคมในช่วงวิกฤติเพียง 12 ครั้ง (ร้อยละ 4) เท่านั้น ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ตัวอย่างการจำแนกประเภทข่าวจากทวิตเตอร์ ตั้งแต่วันที่ 1-7 มกราคม 2564

จากที่ผู้เขียนได้ทดลองนำข่าวการแพร่ระบาดของโควิด-19 มาใช้ในการพัฒนาทักษะการจำแนกประเภทพบว่าตัวอย่างการแยกแยะน่าจะเป็นแนวทางที่ผู้สอนสามารถนำไปได้ โดยใช้วิธีการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นฐาน (problem based learning : PBL) ซึ่งเป็นรูปแบบการเรียนรู้ตามทฤษฎีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (constructivism) ที่แบ่งผู้เรียนออกเป็นกลุ่มและให้อภิปรายร่วมกันในการจำแนกประเภทข้อมูล ผู้เรียนจึงมีความมั่นใจในการจำแนกข้อมูลมากขึ้น ซึ่งการนำข้อมูลข่าวสารที่อยู่ใกล้ตัวมาใช้ในการฝึกจำแนกประเภทข้อมูล ซึ่งเป็นเรื่องที่กำลังเป็นที่สนใจทำให้ผู้เรียนมีความรู้สึกว่าเป็นเรื่องใกล้ตัว จึงมีความพยายามในการทำความเข้าใจในเนื้อหามากขึ้น และอาจรวมไปถึงการนำเนื้อหาเกี่ยวกับท้องถิ่นของผู้เรียนซึ่งเป็นเรื่องใกล้ตัวเช่นเดียวกัน นอกจากรูปแบบการสอนใช้ปัญหาเป็นฐานแล้วกระบวนการเรียนรู้ในรูปแบบอื่นที่ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง เช่น การระดมสมอง (brainstorming) หรือ เทคนิคคู่คิด (Think Pair Share) ก็น่าจะนำมาใช้ได้ด้วยเช่นกัน นอกจากนี้การวิเคราะห์ข้อมูลภาษาจากสื่อออนไลน์นั้นเป็นพื้นฐานที่เป็นประโยชน์กับผู้เรียนในยุคที่การเสพข่าวต้องผ่านกระบวนการคิดอย่างรอบคอบ ทำให้การนำทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ประโยชน์ได้ในการรับและแยกแยะข้อมูลจากสื่อได้ซึ่งจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในชีวิตประจำวันอีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

ณัฐนันท์ ศิริเจริญ. (2012). การ ใช้ สื่อบูรณาการเพื่อสร้างความเป็นพลเมืองกับอนาคตประชาธิปไตยไทย. *Veridian E-Journal, Silpakorn University (Humanities, Social Sciences and arts)*, *5*(1), 148-167.

ทิศนา แขมณี. (2552). ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. กรุงเทพฯ : ด่านสุทธาการพิมพ์.

รุ่งทิวา การะกุล, & ประสาท เนืองเฉลิม. (2016). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวทฤษฎีคอนสตัคติวิสต์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *Prae-wa Kalasin Journal of Kalasin University*, *3*(2), 38-53.

วีระพล วงษ์ประเสริฐ , ธัญวรัตม์เจียรประดิษฐ์, & สุพัตรา โคบุตร (2563). ทวิตเตอร์ (Twitter) กับ ทัศนคติ ทาง การเมือง แบบ ประชาธิปไตย ของ เยาวชน ไทย ที่ สยามสแควร์. *Rajapark Journal*, *14*(32), 141-154.

American Association for The Advancement of Science, AAAS. (1970). Science Process Approach. New York: Comantary for Teacher. AAAS. Xerox.

Atodiresei, C. S., Tănăselea, A., & Iftene, A. (2018). Identifying fake news and fake users on Twitter. *Procedia Computer Science*, *126*, 451-461.

Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness. *Colorado Springs, Co: BSCS*, *5*, 88-98.

Capps, D. K., & Crawford, B. A. (2013). Inquiry-based instruction and teaching about nature of science: Are they happening?. *Journal of Science Teacher Education*, *24*(3), 497-526.

Han, S. (2019). Weathering the twitter storm. *Information Technology and Libraries*, *38*(2), 37-48.

Lederman, N. G. (2006, June). Research on nature of science: reflections on the past, anticipations of the future. In *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching* (Vol. 7, No. 1, pp. 1-11). The Education University of Hong Kong, Department of Science and Environmental Studies.

Pruitt, S. L. (2014). The next generation science standards: The features and challenges. *Journal of Science Teacher Education*, *25*(2), 145-156.

Received: 24 July 2021
Revised: 4 December 2021
Accepted: 9 December 2021

การคำนวณหาค่าระยะทางและพลังงานศักย์ยังผลของอนุภาคประจุไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ภายใต้แรงเข้าสู่ศูนย์กลางที่เป็นฟังก์ชันตรีโกณมิติขึ้นอยู่กับรัศมีของวงโคจร $F(R)$

Reckoning of Distance and Effective Potential of Motion for Change Particle Polar Coordinates under Central Force Function of Trigonometry and Orbital Radius $F(R)$

จิราวรรณ ทรัพย์ทิพย์[1] ปิยรัตน์ มูลศรี[1] และ อาทิตย์ หู้เต็ม[2*]
Chirawan Saptip[1] Piyarat Moonsri[1] and Artit Hutem[2*]
[1]Science Education, Faculty of Science and Technology, PhetchabunRajabhat University
[2]Physics Division, Faculty of Science and Technology, PhetchabunRajabhatUniversit
*corresponding author e-mail : artithutem@pcru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้จึงเริ่มจากการสร้างแรงที่ได้จากการศึกษากฎของเคปเลอร์และกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ในการศึกษาลักษณะการเคลื่อนที่ของวงโคจรภายใต้แรงเข้าสู่ศูนย์กลาง โดยใช้แคลคูลัสเรื่องสมการเชิงอนุพันธ์ในการคำนวณหาค่าระยะทางและศักย์ยังผลของอนุภาคที่เคลื่อนที่ภายใต้แรงเข้าสู่ศูนย์กลางที่ขึ้นอยู่กับรัศมีของวงโคจร จากนั้นนำผลเฉลยที่ได้ไปพล็อตกราฟด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบลักษณะของวงโคจรอนุภาคที่เคลื่อนที่ภายใต้แรงเข้าสู่ศูนย์กลางที่ขึ้นอยู่กับรัศมี เพื่อแสดงให้เห็นว่าเมื่อประจุ มวล ค่าตัวแปร เปลี่ยนแปลงไปจะส่งผลต่อระยะทางและพลังงานศักย์ยังผลของอนุภาคที่เคลื่อนที่ภายใต้แรงที่ขึ้นอยู่กับรัศมีของวงโคจร โดยมีลักษณะของการเคลื่อนที่คล้ายวงรี

คำสำคัญ: แรงเข้าสู่ศูนย์กลาง, ระยะทาง, ศักย์ยังผล

Abstract

This research begins with generating the forces obtained by studying Kepler's law, and Newton's law in a broader study. The story under the force enters the system using an in-depth drill of differential equations in practice to determine the path and the integrity of the channel that the subtraction enters into a system that increases depending on the radius of

the orbit form. Then bring the results to plot with a computer program to study and discuss Bravo at the booth under the force into a radius dependent to shows that when the charge mass and parameter changeswill affect distance and potential energy as a result of particles moving under the forces that depends on the radius of the orbit. With the nature of movement like an ellipse.

Keywords: Central Force, Distance, Effective Potential

บทนำ

กฎของเคปเลอร์เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์ไว้ 3 ข้อที่ใช้อธิบายการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ ซึ่งค้นพบโดย โยฮันเนสเคปเลอร์ เมื่อ พ.ศ. 2114 – พ.ศ. 2173 เริ่มศึกษาจากการสังเกตการณ์ของไทโค บราห์ นักดาราศาสตร์ชาวเดนมาร์กเมื่อ พ.ศ. 2148 จน เคปเลอร์ได้พบว่าตำแหน่งของดาวเคราะห์ของบราห์เป็นไปตามกฎง่ายๆ ทางคณิตศาสตร์ โดย เคปเลอร์ได้เสนอว่าโลกเคลื่อนที่เป็นวงรีรอบดวงอาทิตย์และได้คำนวณเกี่ยวกับความเร็วของการเคลื่อนที่ว่ามีความผันแปร ซึ่งเป็นแนวคิดแห่งการเปลี่ยนแปลงความรู้ทางดาราศาสตร์และฟิสิกส์ โดยถือว่าเป็นการอธิบายลักษณะการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์ได้อย่างชัดเจนต่อมา ไอแซกนิวตัน ได้สรุปกฎของเคปเลอร์ มีความสัมพันธ์กับกฎการเคลื่อนที่และกฎความโน้มถ่วงซึ่งใช้แคลคูลัสที่เขาสร้างขึ้น มาอธิบายความสัมพันธ์ โดยกฎการเคลื่อนที่ของเคปเลอร์ ได้แก่ กฎข้อที่ 1 (กฎของวงรี) "ดาวเคราะห์โคจรรอบควงอาทิตย์เป็นวงรี โดยมีดวงอาทิตย์อยู่ที่จุดศูนย์กลาง" กฎข้อที่ 2 เวลาที่ดาวเคราะห์ใช้โคจรรอบดวงอาทิตย์ โดยคาบเวลาที่เท่ากัน จะสามารถกวาดพื้นที่ได้เท่ากัน และกฎข้อที่ 3 กำลังสองของคาบที่โคจรรอบดวงอาทิตย์ แปรผันตามกำลังสามของระยะทางที่ห่างจากดวงอาทิตย์

($T^2 / R^3 = k, k$ เป็นค่าคงที่) งานวิจัยนี้จะพิจารณาว่าประจุไฟฟ้า ρ มีการเคลื่อนที่ตามวงโคจรระหว่างประจุอิเล็กตรอนเคลื่อนที่รอบนิวเคลียสซึ่งจะคำนวณหาค่าระยะทางและศักย์ยังผลของอนุภาคที่ถูกเคลื่อนที่แบบพิกัดเชิงขั้วภายใต้แรงที่ขึ้นอยู่กับรัศมีวงโคจร

$$F\left(R\right) = -\frac{1}{R^2}\left(\varepsilon\rho^2\cos^2\alpha + \frac{\eta\rho^2\sin^2\alpha}{\left(1-e^2\right)^2} - \frac{\gamma}{R^3}\right)$$

เพื่ออธิบายว่า วงโคจรของอนุภาคมีการเคลื่อนที่เป็นวงรี เนื่องจากมีฟังก์ชันที่มารบกวนแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง (วัชรพงษ์ และอาทิตย์, 2561)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาระยะทางและศักย์ยังผลของอนุภาคที่เคลื่อนที่ภายใต้ $F(R)$
2. เพื่อเปรียบเทียบลักษณะการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่เคลื่อนที่ภายใต้ $F(R)$

วิธีดำเนินการวิจัย

การคำนวณหาระยะทางของอนุภาคที่เคลื่อนที่ภายใต้ $F(R)$ โดยพิจารณาการเคลื่อนที่ของอนุภาคภายใต้แรง (Fung, 2012)

$$F(R)=-\frac{1}{R^2}\left(\varepsilon\rho^2\cos^2\alpha+\frac{\eta\rho^2\sin^2\alpha}{\left(1-e^2\right)^2}-\frac{\gamma}{R^3}\right)$$

$$F\left(\frac{1}{u}\right)=-u^2\varepsilon\rho^2\cos^2\alpha-\frac{\eta\rho^2u^2\sin^2\alpha}{\left(1-e^2\right)^2}-\gamma u^3 \qquad (1)$$

โดยใช้สมการเชิงอนุพันธ์อันดับที่ 2 แบบไม่เอกพันธ์ จาก

$$\frac{d^2u}{d\theta^2}+u=-\frac{m}{\ell^2u^2}F\left(\frac{1}{u}\right)$$

ซึ่งเป็นสมการวงโคจร (รัชนี,2558;Atam, 1990)แทนสมการที่ (1) จะได้

$$\frac{d^2u}{d^2\theta}+\left(1-\frac{\gamma m}{\ell^2}\right)u=\frac{\varepsilon\rho^2m\cos^2\alpha}{\ell^2}+\frac{\eta\rho^2m\sin^2\alpha}{\ell^2\left(1-e^2\right)^2} \qquad (2)$$

หาค่า u โดยใช้สมการเชิงอนุพันธ์อันดับที่ 2 แบบไม่เอกพันธ์

$$u(\alpha)=u_c(\alpha)+u_p(\alpha) \qquad (3)$$

หาค่า $u_c(\alpha)$ จาก $\frac{d^2u}{d\alpha^2}+\left(1-\frac{\gamma m}{\ell^2}\right)u=0$ กำหนดให้ $\hbar^2=\left(1-\frac{\gamma m}{\ell^2}\right)$ จะได้ $\frac{d^2u}{d\theta^2}+\hbar^2u=0$

และหาค่า $u_c(\alpha)$ จาก $u_c(\alpha)=e^{p(\alpha)}\left(A\cos(\hbar\alpha)+B\sin(\hbar\alpha)\right)$

$$u_c(\alpha)=A\cos(\hbar\alpha)+B\sin(\hbar\alpha) \qquad ;p(\alpha)=0 \qquad (4)$$

กรณีที่มีเฟสเริ่มต้น $A=P\cos(\phi),B=P\sin(\phi),P=Amplitude(A)$ จะได้

$$u_c(\alpha)=A\cos(\phi)\cos(\hbar\alpha)+A\sin(\phi)\sin(\hbar\alpha)$$

$$u_c(\alpha)=A\cos(\hbar\alpha-\phi) \qquad (5)$$

จากสมการที่ (4) ซึ่งเป็นผลเฉลยเอกพันธ์ เราจึงกำหนดให้

$u_1(\alpha)=\cos(\hbar\alpha),u_2(\alpha)=\sin(\hbar\alpha)$ และเพื่อนำไปหาค่า $u_p(\alpha)$ จาก

$u_p(\alpha)=s_1(\alpha)\cdot u_1(\alpha)+s_2(\alpha)\cdot u_2(\alpha)$ โดยใช้วิธีวรอนสเกียน (Susan, 2004 ; Roel, 2001)จากนั้น เราทำการหาค่า w,w_1 โดย Determinant ดังนี้ $\frac{ds_1(\alpha)}{d\alpha}=\frac{w_1}{w}$,

$$w=\begin{vmatrix}u_1(\alpha) & u_2(\alpha)\\ u_1'(\alpha) & u_2'(\alpha)\end{vmatrix}=\begin{vmatrix}\cos(\hbar\alpha) & \sin(\hbar\alpha)\\ -\hbar\sin(\hbar\alpha) & \hbar\cos(\hbar\alpha)\end{vmatrix}=\hbar$$

$$w_1 = \begin{vmatrix} 0 & u_2(\alpha) \\ F_1(\alpha) & u_2'(\alpha) \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 & \sin(\hbar\alpha) \\ \dfrac{\varepsilon\rho^2 m\cos^2\alpha}{\ell^2} + \dfrac{\eta\rho^2 m\sin^2\alpha}{\ell^2\left(1-e^2\right)^2} & \hbar\cos(\hbar\alpha) \end{vmatrix}$$

$$w_1 = -\sin(\hbar\alpha)\left(\frac{\varepsilon\rho^2 m\cos^2\alpha}{\ell^2} + \frac{\eta\rho^2 m\sin^2\alpha}{\ell^2\left(1-e^2\right)^2}\right)$$

หา $ds_1(\alpha)$

$$\int ds_1(\alpha) = \int\left(\frac{-\sin(\hbar\alpha)}{\hbar}\left(\frac{\varepsilon\rho^2 m\cos^2\alpha}{\ell^2} + \frac{\eta\rho^2 m\sin^2\alpha}{\ell^2\left(1-e^2\right)^2}\right)\right)d\alpha$$

$$s_1(\alpha) = \frac{\varepsilon\rho^2 m}{\ell^2\hbar}\int\sin(\hbar\alpha)\cos^2(\alpha)\,d\alpha - \frac{\eta\rho^2 m}{\ell^2\hbar\left(1-e^2\right)^2}\int\sin(\hbar\alpha)\sin^2(\alpha)\,d\alpha$$

หาค่า $\int\sin(\hbar\alpha)\cos^2(\alpha)\,d\alpha$ และ $\int\sin(\hbar\alpha)\sin^2(\alpha)\,d\alpha$

$$\int\sin(\hbar\alpha)\cos^2(\alpha)\,d\alpha = \frac{1}{2}\left(\frac{-\cos(\hbar\alpha)}{\hbar} - \frac{\cos(\hbar+2)\alpha}{2(\hbar+2)} - \frac{\cos(\hbar-2)\alpha}{2(\hbar-2)}\right)$$

ต่อมาคำนวณการอินทิเกรต

$$\int\sin(\hbar\alpha)\sin^2(\alpha)\,d\alpha = \frac{1}{2}\left(\frac{-\cos(\hbar\alpha)}{\hbar} + \frac{\cos(\hbar+2)\alpha}{2(\hbar+2)} + \frac{\cos(\hbar-2)\alpha}{2(\hbar-2)}\right)$$

$$s_1(\alpha) = -\frac{\varepsilon\rho^2 m}{\ell^2\hbar}\left(\frac{-\cos(\hbar\alpha)}{2\hbar} - \frac{\cos(\hbar+2)\alpha}{4(\hbar+2)} - \frac{\cos(\hbar-2)\alpha}{4(\hbar-2)}\right)$$
$$-\frac{\eta\rho^2 m}{\ell^2\hbar\left(1-e^2\right)^2}\left(\frac{-\cos(\hbar\alpha)}{2\hbar} + \frac{\cos(\hbar+2)\alpha}{4(\hbar+2)} + \frac{\cos(\hbar-2)\alpha}{4(\hbar-2)}\right) \qquad (6)$$

หา $ds_2(\alpha)$ จาก $\dfrac{ds_2(\alpha)}{d\alpha} = \dfrac{w_2}{w}$

$$w = \begin{vmatrix} u_1(\alpha) & u_2(\alpha) \\ u_1'(\alpha) & u_2'(\alpha) \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \cos(\hbar\alpha) & \sin(\hbar\alpha) \\ -\hbar\sin[\hbar\alpha] & \hbar\cos(\hbar\alpha) \end{vmatrix} = \hbar\cos^2(\hbar\alpha) + \hbar\sin^2(\hbar\alpha)$$

$$w_2 = \begin{vmatrix} u_1(\alpha) & 0 \\ u_1'(\alpha) & F_1(\alpha) \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \cos(\hbar\alpha) & 0 \\ -\hbar\sin(\hbar\alpha) & \dfrac{\varepsilon\rho^2 m\cos^2\alpha}{\ell^2} + \dfrac{\eta\rho^2 m\sin^2\alpha}{\ell^2\left(1-e^2\right)^2} \end{vmatrix}$$

$$w_2 = \cos(\hbar\alpha)\left(\frac{\varepsilon\rho^2 m\cos^2\alpha}{\ell^2} + \frac{\eta\rho^2 m\sin^2\alpha}{\ell^2\left(1-e^2\right)^2}\right)$$

$$\int ds_2(\alpha) = \int\left(\frac{\cos(\hbar\alpha)}{\hbar}\left(\frac{\varepsilon\rho^2 m\cos^2\alpha}{\ell^2} + \frac{\eta\rho^2 m\sin^2\alpha}{\ell^2\left(1-e^2\right)^2}\right)\right)d\alpha$$

$$s_2(\alpha) = \frac{\varepsilon\rho^2 m}{\ell^2\hbar}\int\cos(\hbar\alpha)\cos^2(\alpha)\,d\alpha + \frac{\eta\rho^2 m}{\ell^2\hbar\left(1-e^2\right)^2}\int\cos(\hbar\alpha)\sin^2(\alpha)\,d\alpha$$

หาค่า $\int \cos(\hbar\alpha)\cos^2(\alpha)d\alpha$ และ $\int \cos(\hbar\alpha)\sin^2(\alpha)d\alpha$

$$\int \cos(\hbar\alpha)\cos^2(\alpha)d\alpha = \frac{1}{2}\left(\frac{\sin(\hbar\alpha)}{\hbar}+\frac{\sin(\hbar+2)\alpha}{2(\hbar+2)}+\frac{\sin(\hbar-2)\alpha}{2(\hbar-2)}\right)$$

$$\int \cos(\hbar\alpha)\sin^2(\alpha)d\alpha = \frac{1}{2}\left(\frac{\sin(\hbar\alpha)}{\hbar}-\frac{\sin(\hbar+2)\alpha}{2(\hbar+2)}-\frac{\sin(\hbar-2)\alpha}{2(\hbar-2)}\right)$$ จะได้

$$s_2(\alpha) = \frac{\varepsilon\rho^2 m}{\ell^2\hbar}\left(\frac{\sin(\hbar\alpha)}{2\hbar}+\frac{\sin(\hbar+2)\alpha}{4(\hbar+2)}+\frac{\sin(\hbar-2)\alpha}{4(\hbar-2)}\right)$$
$$+\frac{\eta\rho^2 m}{\ell^2\hbar\left(1-e^2\right)^2}\left(\frac{\sin(\hbar\alpha)}{2\hbar}-\frac{\sin(\hbar+2)\alpha}{4(\hbar+2)}-\frac{\sin(\hbar-2)\alpha}{4(\hbar-2)}\right) \quad (7)$$

แทนสมการที่ (6) และ (7) จะได้ $u_p(\alpha) = s_1(\alpha)\cdot u_1(\alpha)+s_2(\alpha)\cdot u_2(\alpha)$

$$u_p(\alpha) = -\frac{\varepsilon\rho^2 m\cos(\hbar\alpha)}{\ell^2\hbar}\left(\frac{-\cos(\hbar\alpha)}{2\hbar}-\frac{\cos(\hbar+2)\alpha}{4(\hbar+2)}-\frac{\cos(\hbar-2)\alpha}{4(\hbar-2)}\right)$$
$$-\frac{\eta\rho^2 m\cos(\hbar\alpha)}{\ell^2\hbar\left(1-e^2\right)^2}\left(\frac{-\cos(\hbar\alpha)}{2\hbar}+\frac{\cos(\hbar+2)\alpha}{4(\hbar+2)}+\frac{\cos(\hbar-2)\alpha}{4(\hbar-2)}\right)$$
$$+\frac{\varepsilon\rho^2 m\sin(\hbar\alpha)}{\ell^2\hbar}\left(\frac{\sin(\hbar\alpha)}{2\hbar}+\frac{\sin(\hbar+2)\alpha}{4(\hbar+2)}+\frac{\sin(\hbar-2)\alpha}{4(\hbar-2)}\right)$$
$$+\frac{\eta\rho^2 m\sin(\hbar\alpha)}{\ell^2\hbar\left(1-e^2\right)^2}\left(\frac{\sin(\hbar\alpha)}{2\hbar}-\frac{\sin(\hbar+2)\alpha}{4(\hbar+2)}-\frac{\sin(\hbar-2)\alpha}{4(\hbar-2)}\right) \quad (8)$$

แทนสมการที่(5) และ(8)ลงในสมการที่(3) จะได้ $u(\alpha) = u_c(\alpha)+u_p(\alpha)$

$$u(\alpha) = A\cos(\hbar\alpha-\phi)+\frac{\varepsilon\rho^2 m}{\ell^2\hbar}\left(\begin{array}{l}\frac{\cos^2(\hbar\alpha)}{2\hbar}+\frac{\sin^2(\hbar\alpha)}{2\hbar}+\frac{\cos(\hbar+2)\alpha\cos(\hbar\alpha)}{4(\hbar+2)}+\frac{\sin(\hbar+2)\alpha\sin(\hbar\alpha)}{4(\hbar+2)}\\ +\frac{\cos(\hbar-2)\alpha\cos(\hbar\alpha)}{4(\hbar-2)}+\frac{\sin(\hbar-2)\alpha\sin(\hbar\alpha)}{4(\hbar-2)}\end{array}\right)$$
$$+\frac{\eta\rho^2 m}{\ell^2\hbar\left(1-e^2\right)^2}\left(\begin{array}{l}\frac{\cos^2(\hbar\alpha)}{2\hbar}+\frac{\sin^2(\hbar\alpha)}{2\hbar}-\frac{\cos(\hbar+2)\alpha\cos(\hbar\alpha)}{4(\hbar+2)}-\frac{\sin(\hbar+2)\alpha\sin(\hbar\alpha)}{4(\hbar+2)}\\ -\frac{\cos(\hbar-2)\alpha\cos(\hbar\alpha)}{4(\hbar-2)}-\frac{\sin(\hbar-2)\alpha\sin(\hbar\alpha)}{4(\hbar-2)}\end{array}\right)$$

$$u(\alpha) = A\cos(\hbar\alpha-\phi)+\frac{\varepsilon\rho^2 m}{2\ell^2\hbar}\left(\frac{1}{\hbar}+\frac{\hbar\cos(2\alpha)}{\left(\hbar^2-4\right)}\right)+\frac{\eta\rho^2 m}{2\ell^2\hbar\left(1-e^2\right)^2}\left(\frac{1}{\hbar}-\frac{\hbar\cos(2\alpha)}{\left(\hbar^2-4\right)}\right) \quad (9)$$

กำหนดให้เฟสเริ่มต้นเป็น 0 จะได้ระยะทางของอนุภาค

$$R(\alpha) = \frac{1}{A\cos(\hbar\alpha)+\frac{\varepsilon\rho^2 m}{2\ell^2\hbar}\left(\frac{1}{\hbar}+\frac{\hbar\cos(2\alpha)}{\left(\hbar^2-4\right)}\right)+\frac{\eta\rho^2 m}{2\ell^2\hbar\left(1-e^2\right)^2}\left(\frac{1}{\hbar}-\frac{\hbar\cos(2\alpha)}{\left(\hbar^2-4\right)}\right)} \quad (10)$$

สมการที่ (10) คือสมการแสดงค่าระยะทางของอนุภาคที่เคลื่อนที่ภายใต้ $F(R)$ ต่อไป เป็นการคำนวณหาศักย์ยังผลของอนุภาคที่เคลื่อนที่ภายใต้ $F(R)$ จากสมการ $F(R) = -\nabla V$ กำหนดให้มุม α มีค่าคงที่ $-\int dV = \int F(R)dR$ จะได้

$V(R)=\varepsilon\rho^2\cos^2\alpha+\frac{\eta\rho^2\sin^2\alpha}{\left(1-e^2\right)^2}\int\frac{1}{R^2}dR+\gamma\int\frac{1}{R^3}dR$ จะได้

$$V(R)=-\frac{1}{R}\left(\varepsilon\rho^2\cos^2\alpha+\frac{\eta\rho^2\sin^2\alpha}{\left(1-e^2\right)^2}\right)-\frac{\gamma}{2R^2}\quad(11)$$

จากสมการหาค่าศักย์ยังผลของอนุภาค $V_{eff}=\frac{\ell^2}{2mR^2}+V(R)$ แทนสมการที่ (11) จะได้

$$V_{eff}=\frac{\ell^2}{2mR^2}-\frac{1}{R}\left(\varepsilon\rho^2\cos^2\alpha+\frac{\eta\rho^2\sin^2\alpha}{\left(1-e^2\right)^2}\right)-\frac{\gamma}{2R^2}\quad(12)$$

สมการที่ (12) คือสมการแสดงค่าศักย์ยังผลของอนุภาคที่เคลื่อนที่ภายใต้ $F(R)$ การเปรียบเทียบลักษณะการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่เคลื่อนที่ภายใต้ $F(R)$ในการเปรียบเทียบลักษณะการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่เคลื่อนที่นั้น จะทำการเปรียบเทียบทั้งหมด 2 ตอนด้วยกัน คือเปรียบเทียบค่าระยะทาง และค่าศักย์ยังผล ซึ่งในขั้นตอนการทดลองจะมีการเปลี่ยนค่าตัวแปรต่าง ๆ ดังตาราง

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบค่าระยะทางของอนุภาคที่เคลื่อนที่ภายใต้ $F(R)$

ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม	ตัวแปรควบคุม
$\rho_1=3.0\times10^{-6},\rho_2=3.5\times10^{-6}$ $\rho_3=4.0\times10^{-6},\rho_4=4.5\times10^{-6}$	ระยะทางของอนุภาคที่เคลื่อนที่	$\gamma=0.6,A=1,m=0.5$ $\ell=0.55,\alpha=0\rightarrow2\pi,\phi=0$ $\varepsilon=9x10^9,\eta=0.5,e=0.5$
$m_1=0.470,m_2=0.475$ $m_3=0.480,m_4=0.485$	ระยะทางของอนุภาคที่เคลื่อนที่	$\gamma=0.6,A=1,\rho=3.0\times10^{-6}$ $\ell=0.55,\alpha=0-2\pi,\phi=0$ $\varepsilon=9\times10^9,\eta=0.5,e=0.5$
$\ell_1=0.552,\ell_2=0.554$ $\ell_3=0.556,\ell_4=0.558$	ระยะทางของอนุภาคที่เคลื่อนที่	$\gamma=0.6,A=1,\rho=5x10^{-6}$ $m=0.5,\alpha=0-2\pi,\phi=0$ $\varepsilon=9x10^9,\eta=0.5,e=0.5$
$\gamma_1=0.597,\gamma_2=0.598$ $\gamma_3=0.599,\gamma_4=0.600$	ระยะทางของอนุภาคที่เคลื่อนที่	$A=1,\ell=0.55,\rho=5x10^{-6}$ $m=0.5,\alpha=0-2\pi,\phi=0$ $\varepsilon=9x10^9,\eta=0.5,e=0.5$

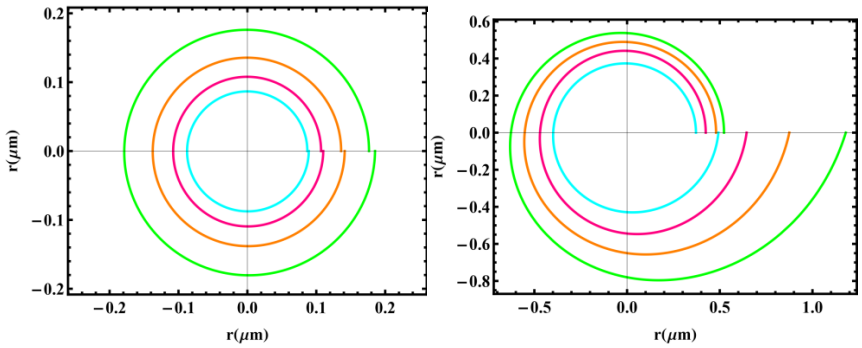
ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบค่าศักย์ยังผลของอนุภาคที่เคลื่อนที่ภายใต้ $F(R)$

ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม	ตัวแปรควบคุม
$\rho_1=3.0\times10^{-6},\rho_2=4.5\times10^{-6}$ $\rho_3=6.0\times10^{-6},\rho_4=7.5\times10^{-6}$	ค่าศักย์ยังผลของอนุภาคที่เคลื่อนที่	$\ell=0.55,m=0.50,R=0-0.1$ $\varepsilon=9x10^9,\alpha=270,\eta=0.5$ $e=0.5,\gamma=0.6$

ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม	ตัวแปรควบคุม
$m_1 = 0.480, m_2 = 0.495$ $m_3 = 0.490, m_4 = 0.495$	ค่าศักย์ยังผลของอนุภาคที่เคลื่อนที่	$\ell = 0.55, \rho = 5x10^{-6}, R = 0-0.1$ $\varepsilon = 9x10^{9}, \alpha = 270, \eta = 0.5$ $e = 0.5, \gamma = 0.6$
$\ell_1 = 0.5478, \ell_2 = 0.5479$ $\ell_3 = 0.5480, \ell_4 = 0.5481$	ค่าศักย์ยังผลของอนุภาคที่เคลื่อนที่	$m = 0.50, \rho = 5x10^{-6}, R = 0-0.1$ $\varepsilon = 9x10^{9}, \alpha = 270, \eta = 0.5$ $e = 0.5, \gamma = 0.6$
$\gamma_1 = 0.602, \gamma_2 = 0.603$ $\gamma_3 = 0.604, \gamma_4 = 0.605$	ค่าศักย์ยังผลของอนุภาคที่เคลื่อนที่	$m = 0.50, \rho = 5x10^{-6}, R = 0-0.1$ $\varepsilon = 9x10^{9}, \alpha = 270, \eta = 0.5$ $e = 0.5, \ell = 0.55$

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

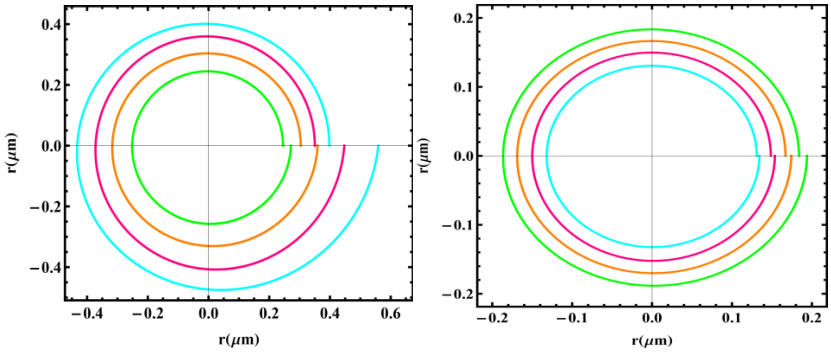
การทดลองหาระยะทางของอนุภาคที่เคลื่อนที่ภายใต้แรงเข้าสู่ศูนย์กลาง $F(R)$



(a) (b)

ภาพที่ 1 แสดงลักษณะของระยะทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคประจุในระบบพิกัดเชิงขั้ว (a) แสดงลักษณะของระยะทางของอนุภาคประจุ เมื่อขนาดของประจุเริ่มต้นเปลี่ยนจาก $\rho = 3\mu C \rightarrow 4.5\mu C$, ซึ่งเส้นกราฟสีเขียวแสดงระยะทางการเคลื่อนที่ของอนุภาค เมื่อขนาดของประจุ $\rho_1 = 3.0\mu C$, เส้นกราฟสีน้ำตาลแสดงระยะทางการเคลื่อนที่ของอนุภาค เมื่อขนาดของประจุ $\rho_2 = 3.5\mu C$, เส้นกราฟสีชมพูแสดงระยะทางการเคลื่อนที่ของอนุภาค เมื่อขนาดของประจุ $\rho_3 = 4.0\mu C$ และ เส้นกราฟสีฟ้าอ่อนแสดงระยะทางการเคลื่อนที่ของอนุภาค เมื่อขนาดของประจุ $\rho_4 = 4.5\mu C$ (b) แสดงลักษณะของระยะทางของอนุภาคประจุที่มีการเคลื่อนที่ในระบบพิกัดเชิงขั้วในคู่อันดับ (r, θ) เมื่อตัวแปรมวลของอนุภาค m เพิ่มขึ้นเปลี่ยนจาก $m = 0.470 \rightarrow 0.485 kg$, ซึ่งเส้นกราฟสีเขียวแสดงระยะทางการเคลื่อนที่ของอนุภาค เมื่อขนาดของมวลอนุภาค $m_1 = 0.470 kg$, เส้นกราฟสีน้ำตาลแสดงระยะทางการเคลื่อนที่ของอนุภาค เมื่อขนาดของมวลอนุภาค $m_2 = 0.475 kg$, เส้นกราฟสีชมพูแสดงระยะทางการเคลื่อนที่ของอนุภาค เมื่อขนาดของ

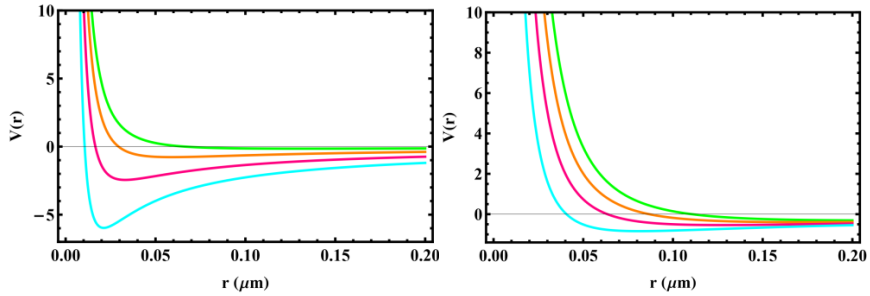
มวลอนุภาค $m_3 = 0.480\,kg$ และ เส้นกราฟสีฟ้าอ่อนแสดงระยะทางการเคลื่อนที่ของอนุภาค เมื่อขนาดของมวลอนุภาค $m_4 = 0.485\,kg$



(a) (b)

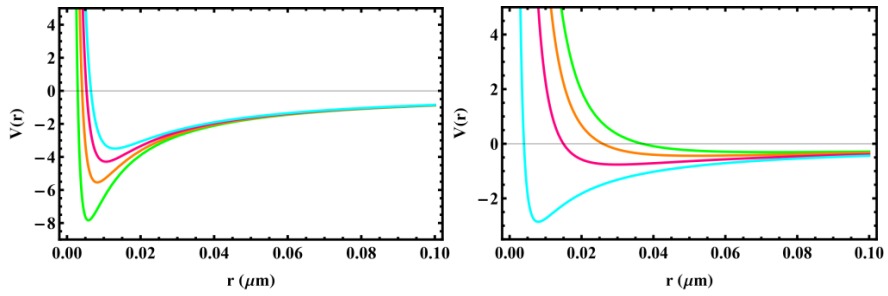
ภาพที่ 2 แสดงลักษณะของระยะทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคประจุ (a) แสดงลักษณะของกราฟระยะทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคประจุ เมื่อโมเมนตัมเชิงมุมเริ่มต้น ℓ เปลี่ยนจาก $\ell = 0.552 \rightarrow 0.558$ ซึ่งเส้นกราฟสีเขียวแสดงระยะทางการเคลื่อนที่ของอนุภาค เมื่อขนาดของโมเมนตัมเชิงมุม $\ell_1 = 0.552$, เส้นกราฟสีน้ำตาลแสดงระยะทางการเคลื่อนที่ของอนุภาค เมื่อขนาดของโมเมนตัมเชิงมุม $\ell_2 = 0.554$, เส้นกราฟสีชมพูแสดงระยะทางการเคลื่อนที่ของอนุภาค เมื่อขนาดของโมเมนตัมเชิงมุม $\ell_3 = 0.556$ และเส้นกราฟสีฟ้าอ่อนแสดงระยะทางการเคลื่อนที่ของอนุภาค เมื่อขนาดของโมเมนตัมเชิงมุม $\ell_4 = 0.558$ (b) แสดงลักษณะของระยะทางของอนุภาคประจุ เมื่อตัวแปรทอร์กการหมุน γ เพิ่มขึ้นโดยเปลี่ยนค่าจาก $\gamma = 0.597 \rightarrow 0.600$ ซึ่งเส้นกราฟสีเขียวแสดงระยะทางการเคลื่อนที่ของอนุภาค เมื่อขนาดของทอร์กการหมุน $\gamma_1 = 0.597$, เส้นกราฟสีน้ำตาลแสดงระยะทางการเคลื่อนที่ของอนุภาค เมื่อขนาดของทอร์กการหมุน $\gamma_2 = 0.598$, เส้นกราฟสีชมพูแสดงระยะทางการเคลื่อนที่ของอนุภาค เมื่อขนาดของทอร์กการหมุน $\gamma_3 = 0.599$ และ เส้นกราฟสีฟ้าอ่อนแสดงระยะทางการเคลื่อนที่ของอนุภาค เมื่อขนาดของทอร์กการหมุน $\gamma_4 = 0.600$

การทดลองหาศักย์ยังผลของอนุภาคที่เคลื่อนที่ภายใต้แรงเข้าสู่ศูนย์กลาง $F(R)$



(a) (b)

ภาพที่ 3 แสดงลักษณะของกราฟศักย์ยังผลเทียบกับระยะทางของอนุภาคประจุในระบบพิกัดเชิงขั้ว (a) แสดงลักษณะของศักย์ยังผลของอนุภาคประจุ เมื่อขนาดของประจุเริ่มต้นเปลี่ยนจาก $\rho = 3.0\mu C \rightarrow 7.5\mu C$ ซึ่งเส้นกราฟสีเขียวแสดงศักย์ยังผลของอนุภาคประจุ เมื่อขนาดของประจุ $\rho_1 = 3.0\,\mu C$, เส้นกราฟสีน้ำตาลแสดงศักย์ยังผลของอนุภาคประจุ เมื่อขนาดของประจุ $\rho_2 = 4.5\,\mu C$, เส้นกราฟสีชมพูแสดงศักย์ยังผลของอนุภาคประจุ เมื่อขนาดของประจุ $\rho_3 = 6.0\,\mu C$ และ เส้นกราฟสีฟ้าอ่อนแสดงศักย์ยังผลของอนุภาคประจุ เมื่อขนาดของประจุ $\rho_4 = 7.5\,\mu C$ (b) แสดงลักษณะของศักย์ยังผลของอนุภาคประจุเทียบกับระยะทางการเคลื่อนที่ เมื่อตัวแปรมวลของอนุภาค m มีค่าเปลี่ยนแปลงจาก $m = 0.480 \rightarrow 0.495\,kg$ ซึ่งเส้นกราฟสีเขียวแสดงศักย์ยังผลของอนุภาคประจุ เมื่อขนาดของมวลอนุภาค $m_1 = 0.480\,kg$, เส้นกราฟสีน้ำตาลแสดงศักย์ยังผลของอนุภาคประจุ เมื่อขนาดของมวลอนุภาค $m_2 = 0.485\,kg$, เส้นกราฟสีชมพูแสดงศักย์ยังผลของอนุภาคประจุ เมื่อขนาดของมวลอนุภาค $m_3 = 0.490\,kg$ และ เส้นกราฟสีฟ้าอ่อนแสดงศักย์ยังผลของอนุภาคประจุ เมื่อขนาดของมวลอนุภาค $m_4 = 0.495\,kg$



(a) (b)

ภาพที่ 4 แสดงลักษณะของศักย์ยังผลของอนุภาคประจุ (a) แสดงลักษณะของกราฟศักย์ยังผลของอนุภาคประจุ เมื่อโมเมนตัมเชิงมุม ℓ เปลี่ยนจาก $\ell = 0.5478 \rightarrow 0.5481$

ซึ่งเส้นกราฟสีเขียวแสดงศักย์ยังผลของอนุภาคประจุ เมื่อขนาดของโมเมนตัมเชิงมุม $\ell_1 = 0.5478$, เส้นกราฟสีน้ำตาลแสดงศักย์ยังผลของอนุภาคประจุ เมื่อขนาดของโมเมนตัมเชิงมุม $\ell_2 = 0.5479$, เส้นกราฟสีชมพูแสดงศักย์ยังผลของอนุภาคประจุ เมื่อขนาดของโมเมนตัมเชิงมุม $\ell_3 = 0.5480$ และ เส้นกราฟสีฟ้าอ่อนแสดงศักย์ยังผลของอนุภาคประจุ เมื่อขนาดของโมเมนตัมเชิงมุม $\ell_4 = 0.5481$ (b) แสดงลักษณะของศักย์ยังผลของอนุภาคประจุ เมื่อตัวแปรทอร์กการหมุน γ เพิ่มขึ้นโดยเปลี่ยนค่าจาก $\gamma = 0.602 \rightarrow 0.605$ ซึ่งเส้นกราฟสีเขียวแสดงศักย์ยังผลของอนุภาคประจุ เมื่อขนาดของทอร์กการหมุน $\gamma_1 = 0.602$, เส้นกราฟสีน้ำตาลแสดงศักย์ยังผลของอนุภาคประจุ เมื่อขนาดของทอร์กการหมุน $\gamma_2 = 0.603$, เส้นกราฟสีชมพูแสดงศักย์ยังผลของอนุภาคประจุ เมื่อขนาดของทอร์กการหมุน $\gamma_3 = 0.604$ และ เส้นกราฟสีฟ้าอ่อนแสดงศักย์ยังผลของอนุภาคประจุ เมื่อขนาดของทอร์กการหมุน $\gamma_4 = 0.605$

สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองคำนวณหาสมการระยะทางของอนุภาคที่เคลื่อนที่ภายใต้แรงเข้าสู่ศูนย์กลาง $F(R)$ ระยะทางของอนุภาคที่เป็นประจุไฟฟ้าแปรผันตรงกับค่าตัวแปร ℓ , γ, m และประจุไฟฟ้า ρ การทดลองคำนวณหาศักย์ยังผลของอนุภาคที่เคลื่อนที่แบบพิกัดเชิงขั้วภายใต้แรงเข้าสู่ศูนย์กลาง $F(R)$ ศักย์ยังผลของอนุภาคที่เป็นประจุไฟฟ้าที่มีลักษณะเป็นศักย์ดูดซึ่งแปรผันตรงกับค่าตัวแปร $\gamma, m,$ ℓ และประจุไฟฟ้า ρ โดยในการทดลองค่าระยะทางและศักย์ยังผลของอนุภาคที่เคลื่อนที่แบบพิกัดเชิงขั้วภายใต้แรงที่ขึ้นอยู่กับรัศมีของวงโคจร $F(R)$ อธิบายได้ว่าการเคลื่อนที่ของอนุภาคตามสมการ $F(R)$ นั้นมีลักษณะการเคลื่อนที่คล้ายวงรี(Michael, 2018) เนื่องมาจากแรงรบกวนตามฟังก์ชัน $F(R)$ มีลักษณะการเคลื่อนที่คล้ายวงรีซึ่งมีความสอดคล้องกับกฎของเคปเลอร์ (Hideyuki and Hiroshi , 2010)

เมื่อพิจารณาเป็นรายกรณีพบว่า การทดลองคำนวณหาสมการระยะการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่เคลื่อนที่ภายใต้แรงเข้าสู่ศูนย์กลาง $F(R)$ ภาพที่ $1(a)$ ถ้าประไฟฟ้า (ρ) มีค่าเพิ่มขึ้นจะทำให้ระยะการเคลื่อนที่ของอนุภาคเคลื่อนที่แบบวงกลมมีระยะที่ลดน้อยลง โดยเป็นการเคลื่อนที่ที่ไม่สูญเสียพลังงาน $w = 0$ (Edison et. al., 2013)ภาพที่ $1(b)$ ถ้าค่าตัวแปร m มีค่าลดลง จะทำให้อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในลักษณะคล้ายวงรีมีระยะที่เพิ่มขึ้น โดยเป็นการเคลื่อนที่ที่สูญเสียพลังงาน $w = 0$ ภาพที่ $2(a)$ ถ้าค่าตัวแปร (ℓ) มีค่าเพิ่มขึ้นจะทำให้อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในลักษณะคล้ายวงมีระยะที่เพิ่มขึ้น โดยเป็นการเคลื่อนที่ที่สูญเสียพลังงาน $w = 0$ จะเห็นว่าเมื่อค่าตัวแปร ℓ มีค่าเพิ่มขึ้นจุดเริ่มกับจุดสุดท้ายห่างกันเพิ่มมากขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีการ

สูญเสียพลังงาน w มากขึ้นและภาพที่2(b) ถ้าค่าตัวแปร γ มีค่าเพิ่มขึ้นจะทำให้อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในลักษณะคล้ายวงรีมีระยะที่เพิ่มขึ้น โดยเป็นการเคลื่อนที่ที่สูญเสียพลังงาน $w=0$ จะเห็นว่าเมื่อค่าตัวแปร γ เพิ่มขึ้น จุดเริ่มกับจุดสุดท้ายห่างกันเพิ่มมากขึ้น ซึ่งแสดงว่ามีการสูญเสียพลังงาน w เพิ่มมากขึ้นในการทดลองคำนวณหาศักย์ยังผลของวัตถุที่เคลื่อนที่แบบพิกัดเชิงขั้วภายใต้แรงเข้าสู่ศูนย์กลาง $F(R)$ จากภาพที่3(a) ถ้าประจุไฟฟ้า ρ มีค่าเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าศักย์ยังผลของอนุภาคแสดงศักย์ยังผลที่เป็นศักย์ดูดเพิ่มมากขึ้น จากภาพที่3(b) ถ้ามวล (m) มีค่าเพิ่มขึ้นจะทำให้คำศักย์ยังผลของอนุภาคแสดงเป็นศักย์ยังผลที่เป็นศักย์ผลักลดลง จากภาพที่4(a) ถ้าค่าตัวแปร ℓ มีค่าเพิ่มขึ้นจะทำให้อนุภาคประจุแสดงค่าศักย์ยังผลของอนุภาคแสดงศักย์ยังผลที่เป็นศักย์ดูดลดลงจนกลายเป็นศักย์ผลักและจากภาพที่4(b)ถ้าค่าตัวแปร γ มีค่าเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าศักย์ยังผลของอนุภาคแสดงศักย์ยังผลที่เป็นศักย์ดูดเพิ่มมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่ให้การสนับสนุนด้านสถานที่ และเวลาในการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

รัชนี รุจิวโรดม, 2558, **กลศาสตร์1**, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, หน้า 159-203.

วัชรพงษ์ พลสนามและ อาทิตย์ หู้เต็ม, การคำนวณหาระยะทางการเคลื่อนที่และหาค่าพลังงานการเคลื่อนที่ของวิถีวงโคจรของอนุภาค, **วารสารวิทยาศาสตร์โลกดาราศาสตร์และอวกาศ**, ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 (2561) หน้าที่ 55-63.

Atam P.A., 1990, **Introduction to classical mechanics**, prentice-Hall, pp. 220-268.

Susan M.L., 2004, **Mathematics for physicists**, Thomson Brooks/cole, pp. 169-197.

Roel S., 2001, **A guided tour of mathematical method**, Cambridge universitypress, pp. 33-48.

Fung M.K, 2012, Thekepler problem and the isotropic harmonics oscillator, **Chiness journal of physics**, 50(5), pp. 713-719.

Hideyuki I. and Hiroshi N., 2010, Kepler's quartic curve is implemented by a central force, **International Mathematical Forum**, 5(3), pp. 139-144.

Edison A.E,Emmanuel E.E and John O.A, 2013, The Modified Theory of Central-Force Motion,**IOSR Journal of Applied Physics**, pp. 75-82.

Michael N., 2018, Newton's graphical method, **American Journal of Physics**, pp.764-771.

Received: 29 September 2021
Revised: 3 December 2021
Accepted: 12 December 2021

การคำนวณหาอายุและระยะทางของกระจุกดาวเปิด M38
Determination of Age and Distance of M38 Open Cluster

วริษา ปานเจริญ[1*] สิรวิชญ์ วิเศษ[1] สิรวิชญ์ รุ่งโรจน์[1] สุกัญญา สง่าแก้ว[1] และ นิรุธ ล้ำเลิศ[1]
Warisa Pancharoen[1*]Sirawit Wiset[1] Siravit rungroj[1] Sukanya Sangakaew[1] and Niroot Lamlert[1]
[1]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
[*]warisa.pan@mail.pbru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อคำนวณหาระยะห่างจากโลก และอายุของกระจุกดาวเปิด M38 โดยการวิเคราะห์จากภาพถ่ายถ่ายด้วยกล้องซีซีดีโฟโตมิเตอร์ผ่านแผ่นกรองแสงสีน้ำเงิน (B) และเหลือง(V) ที่ต่อเข้ากับกล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เมตร ณ ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยควบคุมกล้องผ่านระบบ itelescope.net หลังจากนั้นนำภาพถ่ายกระจุกดาวเปิด M38 ที่ได้มาทำการกำจัดสัญญาณรบกวนและทำการวัดค่าความสว่างด้วยโปรแกรม IRIS versions 5.59 แล้วนำมาสร้างแผนภาพเฮิรตซ์ปรุง-รัสเซลล์ (H-R Diagram) ของกระจุกดาวเปิด M38 วัดค่าโชติมาตรปรากฏของดาวฤกษ์จำนวน 272 ดวง นำแผนภาพเฮิรตซ์ปรุง-รัสเซลล์ (H-R Diagram)มาซ้อนทับกับแผนภาพเฮิรตซ์ปรุง-รัสเซลล์มาตรฐาน แล้วหาจุดวกกลับเพื่อหาค่าระยะห่างจากโลก และอายุของกระจุกดาว พบว่ากระจุกดาวเปิด M38 มีระยะห่างจากโลกประมาณ 1,259 พาร์เซค หรือ 4,104 ปีแสง และมีอายุประมาณ 132 ล้านปี

คำสำคัญ: กระจุกดาวเปิด M38 อายุและระยะห่างจากโลก ซีซีดี โฟโตมิตรี

Abstract

In this research, we studied the properties of stars in M38 open cluster. Image data of the M38 open clusters were observed by using CCD photometer in the B and V filters connected to a 0.5 m reflecting telescope, which is controlled through itelescope.net website. Image

reduction of M38 was performed by eliminating interference and intensity of the images by using version 5.59 of IRIS program. The photometry techniques were used to calculate the magnitude of stars in M38 cluster. Then we plotted the graph of Hertzsprung-Russell diagram (H-R diagram) of cluster M38 and compared with standard H-R diagram. The result shown that the distance of M38 is 1,259 parsecs or 4,104 light years and the age is 132 Myrs.

Keywords: Open cluster M38, age and distance, CCD photometry

บทนำ

กระจุกดาวเปิด คือ กระจุกดาวจำนวนมากที่อยู่รวมกันด้วยแรงดึงดูดอย่างหลวมๆ ส่วนใหญ่เป็นกระจุกดาวที่เกิดใหม่ ดาวฤกษ์ในกระจุกดาวเดียวกันมักมีอายุใกล้เคียงกัน มีลักษณะทางเคมีที่คล้ายคลึงกัน และมีลักษณะทางกายภาพที่สัมพันธ์กัน ในการศึกษาเกี่ยวกับกระจุกดาวจึงมีระยะทางสมมุติที่เท่ากันทั้งกระจุกดาว (วิระภรณ์ และคณะ, 2560) การศึกษาสมบัติต่างๆของกระจุกดาว จะทำให้เราสามารถเข้าใจถึงวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ได้มากขึ้น

กระจุกดาวเปิด M38 หรือ NGC 1912 เป็นกระจุกดาวเปิดอยู่ในกลุ่มดาวสารถี มีชื่อเรียกว่า Starfish Cluster มีไรส์แอสเซนชั่น(R.A.) 05^{h} 28.4^{m} เดคลิเนชั่น(DEC) +35°50' ถูกค้นพบโดย Giovanni Battista Hodierna นักดาราศาสตร์ชาวอิตาเลียน Young-Beom Jeon (2553) ได้มีการศึกษาดาวแปรแสงที่อยู่ในกระจุกดาว M38 ค้นพบและศึกษาสมบัติของดาวแปรแสงทั้งสิ้น 44 ดวง ดาวคู่อุปราคา 18 ดวง Majaess และ Tunner (2550) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกระจุกดาวเปิดและเนบิวลา โดยปรากฏข้อมูลของระยะห่างจากโลกของกระจุกดาว M38 มีค่าเป็น 1050 ±150 pc สมกรณ์ และคณะ (2560) ศึกษาเกี่ยวกับดัชนีสี และอายุและระยะทางของกระจุกดาวเปิด M 38 โดยdkiyซ้อนทับลำดับหลักซึ่งได้ค่าดัชนีสี มีค่าประมาณ -1.507 ถึง 1.587 ระยะทางของกระจุกดาวเปิด M38 มีค่าประมาณ 1258.93 พาร์เซก หรือประมาณ 4106.61 ปีแสง หาอายุของกระจุกดาวเปิด M38 มีอายุ ประมาณ 220 ล้านปี

ในการวิจัยนี้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของดาวฤกษ์ในกระจุกดาวเปิด M38 ด้วยเทคนิคการถ่ายภาพทางดาราศาสตร์โดยการเก็บข้อมูลด้วย ซีซีดี โฟโตเมตรี และนำภาพมาวิเคราะห์ทางแสงด้วยโปรแกรม IRIS เพื่อหาอายุ และระยะทางของกระจุกดาวโดยการสร้างแผนภาพเฮิร์ตซปรุง-รัสเซลล์(Hertzsprung-Russell diagram) เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับแผนภาพเฮิร์ตซปรุง-รัสเซลล์มาตรฐาน และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะเป็นฐานข้อมูลในการศึกษาด้านดาราศาสตร์ต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อหาระยะห่างจากโลกและอายุของกระจุกดาวเปิด M 38

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของดาวฤกษ์ในกระจุกดาวเปิด M38 ในครั้งนี้ ได้ทำการเก็บข้อมูลจากการสังเกตการณ์ด้วยกล้องซีซีดีโฟโตมิเตอร์ ที่ต่อเข้ากับกล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เมตร ณ ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยใช้การควบคุมกล้องผ่านเว็บไซต์ itelescope.net. ในวันที่ 18 กุมภาพันธุ์ 2564 ผ่านแผ่นกรองแสงในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B) และ สีเหลือง(V) นำภาพถ่ายที่ได้มากำจัดสัญญาณรบกวน (Image reduction) ด้วยโปรแกรม IRIS เพื่อให้ได้แสงดาวฤกษ์อย่างแท้จริง จากนั้นทำการวัดค่าความสว่าง (Intensity) ของดาวด้วยโปรแกรม Aperture Photometry Tool จากนั้นหาดาวอ้างอิงโดยการเปรียบเทียบกับดาวในฐานข้อมูล Simbad แล้วคำนวณหาค่าโชติมาตรปรากฏ (Apparent Magnitude) – ของดาวสมาชิก ตามสมการที่ 1

$$m_1 - m_2 = -2.5 \log\left(\frac{f_1}{f_2}\right) \qquad (1)$$

โดย m_1 คือ โชติมาตรปรากฏของดาวที่ต้องการหา

m_2 คือ โชติมาตรปรากฏของดาวอีกดวง หรือ ดาวอ้างอิง

f_1 คือ ฟลักซ์ของดาวที่ต้องการหา หน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

f_2 คือ ฟลักซ์ของดาวอ้างอิง หน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

หลังจากนั้น ทำการสร้างแผนภาพเฮิรตซ์ปรุง-รัสเซลล์ โดยให้แกนตั้งเป็นค่าโชติมาตรปรากฏ (m) ส่วนแกนนอนเป็นค่าดัชนีสี (B-V) นำแผนภาพที่ได้วิเคราะห์หาระยะห่างจากโลกด้วยวิธีการซ้อนลำดับหลัก (Main Sequence Fitting) กับแผนภาพเฮิรตซ์ปรุง-รัสเซลล์มาตรฐานเพื่อหาค่าโชติมาตรสัมบูรณ์ ณ จุดวกกลับ (Turn off point) จากนั้นนำค่าโชติมาตรปรากฏและค่าโชติมาตรสัมบูรณ์ที่อ่านได้จากแผนภาพมาคำนวณหาระยะห่างจากโลกถึงกระจุกดาว (d) ของกระจุกดาวเปิด M38 โดยใช้สมการที่ 2

$$d = 10^{\left(\frac{m - M + 5}{5}\right)} \qquad (2)$$

โดย m คือ โชติมาตรปรากฏของดาวฤกษ์
M คือ โชติมาตรสัมบูรณ์ของดาวฤกษ์
d คือ ระยะห่างจากโลกถึงกระจุกดาว หน่วยเป็น พาร์เซก *(pc)*

การวิเคราะห์หาอายุของกระจุกดาวนั้น สามารถหาอายุของกระจุกดาวในแถบลำดับหลัก (Main Sequence) ได้ดังสมการที่ 3

$$t = 10^{10}\text{years}\left[\frac{M}{M_{sun}}\right]^{-2.5} \quad (3)$$

โดย t คือ อายุของกระจุกดาว หน่วยเป็น ปีแสง (Light-year)
M_{star} คือ มวลของกระจุกดาว หน่วยเป็น กิโลกรัม (kg)
M_{sun} คือ มวลของดวงอาทิตย์ มีค่าเท่ากับ 1.98892×10^{30} kg

คำนวณหาอัตราส่วนมวลของกระจุกต่อมวลดวงอาทิตย์ โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังส่องสว่างของดาวกับดวงอาทิตย์ ได้ดังสมการที่ 4

$$m - M_{sun} = -2.5\log\left[\left(\frac{L}{L_{sun}}\right)\left(\frac{d_{sun}}{d}\right)^2\right] \quad (4)$$

โดย m_1 คือ โชติมาตรปรากฏของดาวฤกษ์
m_2 คือ โชติมาตรปรากฏของดวงอาทิตย์
L_1 คือ กำลังส่องสว่างของดาวฤกษ์ หน่วยเป็น วัตต์ (W)
L_2 คือ กำลังส่องสว่างของดวงอาทิตย์ ประมาณ 3.846×10^{26} วัตต์ (W)
d_1 คือ ระยะทางของดาวฤกษ์ หน่วยเป็น พาร์เซก (pc)
d_2 คือ ระยะทางของดวงอาทิตย์ ประมาณ 4.848132×10^{-6} พาร์เซก (pc)

เมื่อทราบค่าอัตราส่วนกำลังส่องสว่างของดาวกับดวงอาทิตย์ จากความสัมพันธ์ระหว่างกำลังส่องสว่างของดาวกับดวงอาทิตย์ นำมาคำนวณหาค่าอัตราส่วนมวลของกระจุกดาวต่อมวลดวงอาทิตย์ ตามสมการที่ 5 เพื่อนำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์หาอายุของกระจุกดาว ในสมการที่ 3

$$\log\left(\frac{L}{L_{sun}}\right) = 3.5\log\left(\frac{M}{M_{sun}}\right) \quad (5)$$

โดย M_{star} คือ มวลของกระจุกดาว หน่วยเป็น กิโลกรัม (kg)
M_{sun} คือ มวลของดวงอาทิตย์ ประมาณ 1.98892×10^{30} kg
L_{star} คือ กำลังส่องสว่างของดาว หน่วยเป็น วัตต์ (W)
L_{sun} คือ กำลังส่องสว่างของดวงอาทิตย์ ประมาณ 3.846×10^{26} W

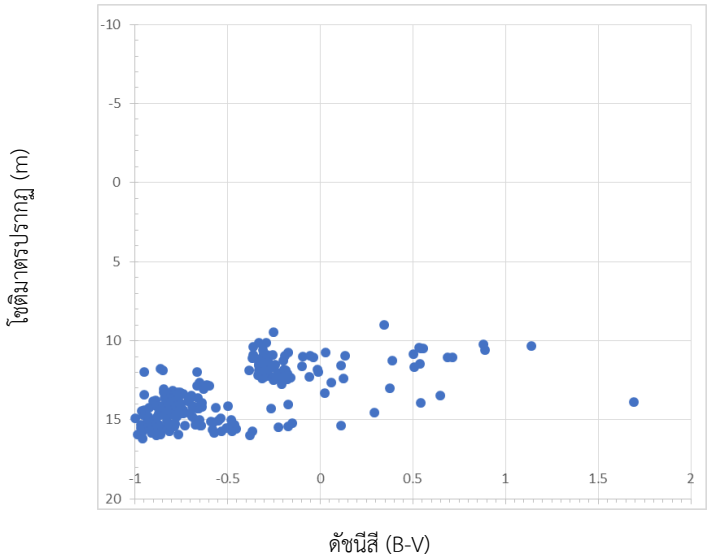
ผลการวิจัยและอภิปรายผล



รูปที่ 1 ภาพถ่ายของกระจุกดาว M 38 จากกล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เมตร ณ ประเทศสหรัฐอเมริกาโดยใช้การควบคุมกล้องผ่านเว็บไซต์ itelescope.net.ในวันที่ 18 กุมภาพันธุ์ 2564

รูปที่ 1 แสดงภาพถ่ายของกระจุกดาว M 38 เมื่อเราทำการกำจัดสัญญาณรบกวน จากนั้นนำไปเปรียบเทียบและกำกับหมายเลขดาวในแผ่นกรองแสงในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B)และ สีเหลือง(V) ได้จำนวนทั้งหมด 272 ดวง เมื่อทำการวัดแสงด้วยโปรแกรม Aperture Photometry Tool และคำนวณโชติมาตรของดาวโดยใช้สมการที่ 1 นำค่าที่คำนวณได้มาสร้างแผนภาพเฮิรตซ์ปรุง-รัสเซลล์ของกระจุกดาวเปิด M38 โดยมีแกนตั้งเป็นค่าโชติมาตรปรากฏ (m) และแกนนอนเป็นค่าดัชนีสี (B-V) แสดงดังรูปที่ 2

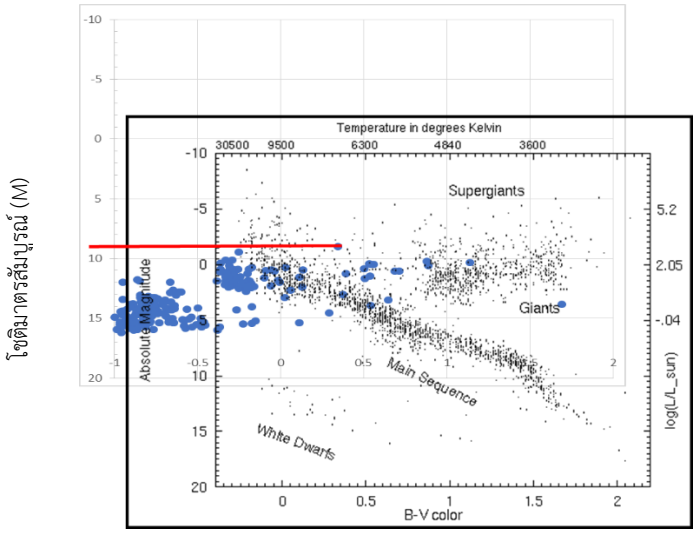
Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Vol. 4 No. 1 ISSN 2673-0480 (Online)



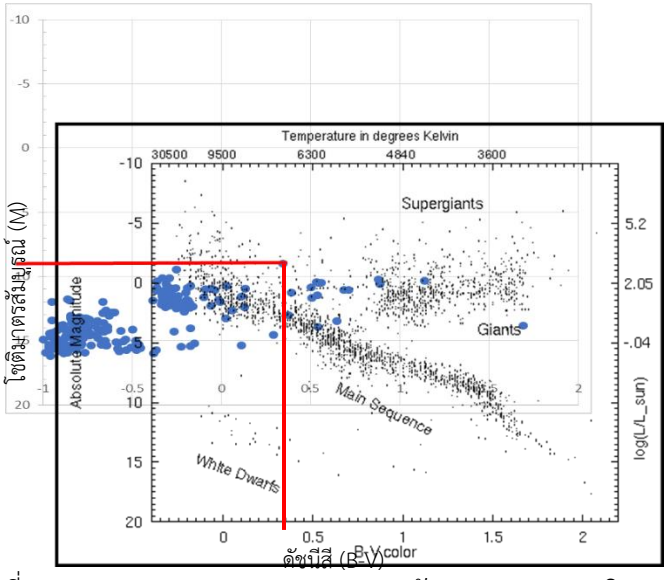
รูปที่ 2 แผนภาพเฮิรตซ์ปรุง-รัสเซลล์ (H-R diagram) ของกระจุกดาวเปิด M38

นำแผนภาพเฮิรตซ์ปรุง-รัสเซลล์ของกระจุกดาวเปิด M38 ไปซ้อนทับกับแผนภาพเฮิรตซ์ปรุง-รัสเซลล์มาตรฐาน เพื่อพิจารณาลำดับหลักของดาวในกระจุกดาวเปิด M38 ผลการซ้อนลำดับหลักของโชติมาตรปรากฏของกระจุกดาว กับแผนภาพเฮิรตซ์ปรุง-รัสเซลล์ (H-R diagram) ดังแสดงใน รูปที่ 3 เพื่อหาจุดวกกลับ (Turn off point) จะได้โชติมาตรปรากฏของดาว (m) มีค่าประมาณ 9 และค่าโชติมาตรสัมบูรณ์มาตรฐาน (M) มีค่าประมาณ -1.5 ดังแสดงในรูปที่ 4

ผลจากการนำค่าโชติมาตรปรากฏ และค่าโชติมาตรสัมบูรณ์มาตรฐานแทนลงในสมการที่ 2 พบว่า กระจุกดาวเปิด M38 อยู่ห่างจากโลกเป็นระยะทางประมาณ 1,259 พาร์เซก หรือ 4,104 ปีแสง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สมกรณ์และคณะ 1258.93 พาร์เซก หรือประมาณ 4106.61 ปีแสง



รูปที่ 3 การเทียบแผนภาพเฮิรตซ์ปรุง-รัสเซลล์ ของกระจุกดาวเปิด M38 กับแผนภาพเฮิรตซ์ปรุง-รัสเซลล์มาตรฐาน



รูปที่ 4 จุดเบนออกจากแถบกระบวนการหลักของกระจุกดาวเปิด M38

จากรูปที่ 4 แสดงให้เห็นดาวในสมาชิกของกระจุกดาวเปิด M38 เริ่มเบนออกจากแถบกระบวนหลัก (Turn of point) จะได้ค่าโชติมาตรปรากฏที่จุดวกกลับ มีค่าประมาณ 9 เนื่องจากค่าที่ได้นั้น คือ ค่าโชติมาตรปรากฏจึงต้องเปลี่ยนค่าโชติมาตรปรากฏเป็นค่ากำลังส่องสว่างของดาวกับดวงอาทิตย์ ตามสมการต่อไปนี้

$$9-\left(-26.5\right) = -2.5\log\left[\left(\frac{L}{L_{sun}}\right)\left(\frac{4.848132\times10^{-6}}{1259}\right)^{2}\right] \qquad (6)$$

เมื่อทราบค่ากำลังส่องสว่างของดาวกับดวงอาทิตย์ แล้วนำค่าที่ได้คำนวณหาอัตราส่วนมวลของดาวต่อมวลดวงอาทิตย์ จากสมการที่ 5 หลังจากนั้นคำนวณหาอายุของกระจุกดาวโดยแทนค่ามวลของดาวฤกษ์ต่อมวลดวงอาทิตย์ ลงในสมการที่ 3 พบว่าอายุของกระจุกดาวเปิด M38 มีค่าประมาณ 132.31 ล้านปี จากการศึกษาของสมกรณ์และคณะ(2560) ซึ่งใช้วิธีการซ้อนภาพกับแผนภาพเฮิรตซ์ปรุง-รัสเซลล์มาตรฐานแล้วอ่านค่าอายุของกระจุกดาว M38 จากแผนภาพเฮิรตซ์ปรุง-รัสเซลล์มาตรฐานได้ค่า 220 ล้านปี

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาระยะห่างจากโลกและอายุของกระจุกดาวเปิด M38 ด้วยกล้องซีซีดีโฟโตมิเตอร์ ที่ต่อเข้ากับกล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เมตร พบว่ากระจุกดาวเปิด M38 มีระยะห่างจากโลกประมาณ 1,259 พาร์เซค หรือ 4,104 ปีแสง และมีอายุประมาณ 132 ล้านปี ทั้งนี้อาจจะต้องใช้การวิเคราะห์ในทางอื่นๆในการสมบัติของกระจุกดาวให้มากขึ้น เนื่องจากข้อมูลของกระจุกดาว M38 ยังมีการศึกษาไม่มากนัก

เอกสารอ้างอิง

บุญรักษา สุนทรธรรม. (2550). **ดาราศาสตร์ฟิสิกส์** (พิมพ์ครั้งที่1). เชียงใหม่: ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

มติพล ตั้งมติธรรม. (2556). **คู่มือการศึกษาดาราศาสตร์เชิงปฏิบัติการ** (พิมพ์ครั้งที่ 1) : สำนักบริการวิชาการและสารสนเทศทางดาราศาสตร์.

วิระภรณ์ ไหมทอง และคณะ. (2560). “ศึกษากระจุกดาวเปิดด้วยกล้องโทรทรรศน์ขนาดเล็ก”, **วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ ปีที่ 20 ฉบับพิเศษ จากงานประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 27**. 2560, 284-291.

อธิวัฒน์ ธนาไสย์ และคณะ (2559). “ โครงการศึกษาวิจัยการสร้างแผนภูมิ H-R Diagram และหาอายุ ของกระจุกดาวเปิด NGC 6705 (M11)”, **งานวิจัยและพัฒนาของ รร. นายร้อยพระจุลจอมเกล้า**

สมกรณ์ ชัยวรากรณ์และคณะ (2560) “การวิเคราะห์ภาพถ่ายของกระจุกดาวเปิด M38 โดยใช้เทคนิค ซีซีดี”,**การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ครั้งที่ 4**.2560,321-329.

สยมภู อินตาจัด และคณะ. (2557). “การคำนวณอุณหภูมิยังผลและอุณหภูมิสีของดาวฤกษ์บางดวงในกระจุกดาว M45”, **วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ ปีที่ 18 ฉบับที่ 3 ฉบับพิเศษจากงานประชุมวิชาการะดับชาติมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 25**. 2558 (ฉบับที่ 3), 149-153.

Daniel J. Majaess and David G. Tunner.(2007). “In search of possible association between planetary nebulae and open cluster”. **The Astronomical Society of the Pacific**.

last updated. (2007). Hertzsprung-Russell Diagram, (ออนไลน์), จาก: https://astronomy.swin.edu.au/cosmos/h/hertzsprung-russell+diagram

Messier Objects. (2021). Messier 38 : Starfish Cluster. Revised from: http://www.messier-objects.com/messier-38-starfish-cluster/(21 March 2021).

Shomnan and S.Maungkorn (2016). “The study of age and distance of open cluster by using H-R diagram” Astronomical Society of Japan

Simbad Astronomical Database. revised from: http://simbad.u-strasbg.fr/simbad (21 March 2021).

Young-Beom Jeon. (2010). “New variable stars in region of the open cluster M38 (NGC1912) II.” **The Korean Astronomy Society.** 2010. 25(2).

Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Vol. 4 No. 1 ISSN 2673-0480 (Online)

Received: 6 October 2021
Revised: 4 December 2021
Accepted: 11 December 2021

Determination of the Time-Dependent Velocity for Charged Particle via Cosine Electrostatic Function

Artit Hutem[1], Sanit Suwanwong[1], Treenuch Ellis[1], Nutnicha Masoongnoen[2]*
[1]Physics Division, Faculty of Science and Technology, PhetchabunRajabhat University
[2]Wittayanukulnaree School,208 Ni-Muang Sub District, Muang District, Phetchabun, Thailand
* corresponding author e-mail: thdgam@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ คณะผู้จัดทำได้ศึกษาประจุไฟฟ้าที่เคลื่อนที่อยู่ภายใต้สนามไฟฟ้า โดยทางคณะผู้จัดทำได้สร้างแบบจำลองฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ของสนามไฟฟ้าขึ้นมา 4 ชนิด โดยใช้กฎข้อที่สองของนิวตันในการคำนวณหาความเร็วประจุไฟฟ้าที่เคลื่อนที่อยู่ภายใต้สนามไฟฟ้าทั้ง 4 ชนิด ได้ผลลัพธ์เป็นกราฟออกมาสมการละ 4 ลักษณะ โดยพบว่า หากสนามไฟฟ้าอยู่ในรูปฟังก์ชันตรีโกณมิติชนิดโคไซน์กำลังคี่ จะทำให้ความเร็วในการสั่นของคลื่นไฟฟ้าประพฤติตัวเหมือนกราฟการหน่วง ในขณะเดียวกัน หากสนามไฟฟ้าอยู่ในรูปฟังก์ชันตรีโกณมิติชนิดโคไซน์กำลังคู่ จะทำให้ความเร็วในการสั่นของคลื่นไฟฟ้าประพฤติตัวเหมือนกราฟเอกซ์โพเนนเชียล

คำสำคัญ: สนามไฟฟ้าที่ขึ้นอยู่กับเวลา, สนามไฟฟ้าที่เป็นฟังก์ชันของเวลา, ประจุไฟฟ้าที่ขึ้นอยู่กับเวลา, ประจุไฟฟ้าที่เป็นฟังก์ชันของเวลา, กลุ่มคลื่นไฟฟ้า

Abstract

In this research, we develop the electric charge velocity modelswhich motion under the electrostatic field.The model of the time-dependent electrostatic field in 4 types, were created by the second law of Newton for evaluation of the electrical charge velocity that, moving under 4 electrostatic fields. The result shows that the formula of the electrostatic degree is an odd number, the electrical wave velocity behaves itself as underdamped. Whilethe formula of the electrostatic degree is an even number, the electrical wave velocity behaves itself as exponential.

Keywords: Time-dependent electrostatic field, Time-dependent electrical velocity, wave group

Introduction

The electrostatic field exists between particles, those have different electrical charges in each other's vicinity. In the macroscopic, the earth also creates the field with the circle direction. So this force acts on electricity in the electrical field. KanokpolN. ,(2018) et. al. studied calculation of velocity and acceleration for electron bound electricity time dependent type exponential sine by using based on the second law of Newton. The result gives that the electrical velocity, acceleration are direct varies on the parameter. Noureddine Z., et. al. (2014) study the demonstrate the great potential of dielectric barrier discharge based electrical precipitators (DBD-ESPs) energized by a low frequency AC high voltage. That's for the sub-micrometer particles collection. Thus, it gives us know that, the particle time-averaged velocity is direct varies on the frequency. The time-resolved velocity of particle increases during both the positive and negative discharges. Ploywarin C., et.al. (2018) evaluation of the displacement and the velocity of eletrical charge motion in the electricity by using integration by part technique. The result show that the velocity and the displacement are direct vary on the parameter, but if the velocity and the electric charge are higher, the time-function is lower.

The main target of this paper is to analyze the affect of the electrostatic field in cosine function, in the first, second, third, and forth degree. We use direct integration (by integration by part technique) and Mathematica for solving the solution and find the result. The result show that the electrical velocity is directly varies on the initial electrical field and the initial electrical charge, but inverse with the damping coefficient and the frequency. The velocity wave has vibrating behavior likes underdamped form when the degree of electrical field form is the odd number, and likes exponential function form when the degree of electrical field form is the even number.

Material and Methods

Evaluation of velocity for particle moves in external electric force in cosine. In this case, the time-dependent force being given by

$F = F_e(\mathrm{t})$(electric force) implies that it is an explicit function of time; hence Newton's law maybe written as

$$F_e(t) = ma = m\frac{dv}{dt},$$

$$\frac{q\,E(t)}{m} = \frac{dv}{dt} \qquad (1)$$

Let us assume that at t=0, the initial velocity as v_0, and at the time as t, the velocity as v. Thus, from equation (1),

$$\int_{v_0}^{v} dv = \int_{0}^{t} \frac{q\,E(\mathrm{t})}{m}\,dt,$$

which in integration yields,

$$v(\mathrm{t}) = \int_{0}^{t} \frac{q\,E(\mathrm{t})}{m}\,dt + v_0 \qquad (2)$$

Experiments computation were designed which while related the fields of mechanics and electromagnetic. Newton's second law of motion and the mathematics of first order differential equation were studied by integrating one part at a time using basic calculus, trigonometric and exponential function. We are interested in the motion of particle charge q initially at rest when it interacts with the incoming electromagnetic wave of electric field intensity E, given by

$$E_1 = \varepsilon_0 e^{-\eta t}\cos(\omega \mathrm{t}), \qquad (3)$$

$$E_2 = \varepsilon_0 e^{-\eta t}\cos^2(\omega \mathrm{t}), \qquad (4)$$

$$E_3 = \varepsilon_0 e^{-\eta t}\cos^3(\omega \mathrm{t}), \qquad (5)$$

$$E_4 = \varepsilon_0 e^{-\eta t}\cos^4(\omega \mathrm{t}), \qquad (6)$$

where ω is the oscillation frequency, η is damping coefficient, and ε_0 is the initial electromagnetic. Substitute equation (3) into equation (2). The initial condition that at t=0, the initial velocity is v_0 and at the time as t, the velocity is $v_1(\mathrm{t})$, we get by direct intregration

$$v_1(\mathrm{t}) = \frac{q\,\varepsilon_0}{m}\int_0^t e^{-\eta t}\cos(\omega\,\mathrm{t})\,\mathrm{dt} + \mathrm{v}_0\,,$$

$$v_1(\mathrm{t}) = \left(\frac{\eta - \eta e^{-\eta t}\cos(\omega\,\mathrm{t}) + \omega e^{-\eta t}\sin(\omega\,\mathrm{t})}{\eta^2+\omega^2}\right)\frac{q\,\varepsilon_0}{m} + \mathrm{v}_0 \qquad (7)$$

Substitute electromagnetic $E_2(\mathrm{t})$ of equation (4) into equation (2), the first integration of equation (2) can be performed to obtain; $v_2(\mathrm{t})$; that is assumed that $v(0) = v_0$ at $t = t_0$,

$$v_2(\mathrm{t}) = \frac{q\,\varepsilon_0}{m}\int_0^t e^{-\eta t}\cos^2(\omega\,\mathrm{t})\,\mathrm{dt} + \mathrm{v}_0$$

$$v_2(\mathrm{t}) = \frac{q\,\varepsilon_0}{2m}\left[\int_0^t e^{-\eta t}dt + \int_0^t e^{-\eta t}\cos(2\omega\,\mathrm{t})\,\mathrm{dt}\right] + \mathrm{v}_0$$

$$v_2(\mathrm{t}) = \frac{q\,\varepsilon_0}{2m}\left[\frac{(1-e^{-\eta t})}{\eta} + \frac{(\eta - \eta e^{-\eta t}\cos(2\omega\,\mathrm{t}) + 2\omega e^{-\eta t}\sin(2\omega\,\mathrm{t}))}{\eta^2+4\omega^2}\right] + \mathrm{v}_0 \qquad (8)$$

In equation (2), we may substitute electromagnetic $E_3(\mathrm{t})$ of equation (5) and the limits $v(0) = \mathrm{v}_0$ when t=0 and $v = v$ when t=t. After integrated, we get the following result:

$$v_3(\mathrm{t}) = \frac{q\,\varepsilon_0}{m}\int_0^t e^{-\eta t}\cos^3(\omega\,\mathrm{t})\,\mathrm{dt} + \mathrm{v}_0$$

$$v_3(\mathrm{t}) = \frac{q\,\varepsilon_0}{m}\left[\frac{3}{4}\left(\frac{(\eta - \eta e^{-\eta t}\cos(\omega\,\mathrm{t}) + \omega e^{-\eta t}\sin(\omega\,\mathrm{t}))}{\eta^2+\omega^2}\right)\right.$$

$$\left. + \frac{1}{4}\left(\frac{(\eta - \eta e^{-\eta t}\cos(\omega\,\mathrm{t}) + \omega e^{-\eta t}\sin(\omega\,\mathrm{t}))}{\eta^2+\omega^2}\right)\right] + \mathrm{v}_0 \qquad (9)$$

We also substitute electromagnetic $E_4(\mathrm{t})$ from equation (6) into equation (2) under the initial condition $v(0) = \mathrm{v}_0$ when t=0 and v=v, when t=t, we get the result of the integration

$$v_4(\mathrm{t}) = \frac{q\,\varepsilon_0}{m}\int_0^t e^{-\eta t}\cos^4(\omega\,\mathrm{t})\,\mathrm{dt} + \mathrm{v}_0$$

$$v_4(\mathrm{t}) = \frac{q\varepsilon_0}{m}\left[\frac{3}{8}\int_0^t e^{-\eta t}dt + \frac{1}{2}\int_0^t e^{-\eta t}\cos(2\omega \mathrm{t})dt + \frac{1}{8}\int_0^t e^{-\eta t}\cos(4\omega \mathrm{t})dt\right] + \mathrm{v}_0$$

$$v_4(\mathrm{t}) = \frac{q\varepsilon_0}{m}\left[\frac{3}{8}\int_0^t\left(\frac{1-e^{-\eta t}}{\eta}\right)dt + \frac{1}{2}\left(\frac{\eta - \eta e^{-\eta t}\cos(2\omega \mathrm{t}) + 2\omega e^{-\eta t}\sin(2\omega \mathrm{t})}{\eta^2 + 16\omega^2}\right)\right.$$

$$\left. + \frac{1}{8}\left(\frac{\eta - \eta e^{-\eta t}\cos(4\omega \mathrm{t}) + 4\omega e^{-\eta t}\sin(4\omega \mathrm{t})}{\eta^2 + 16\omega^2}\right)\right] + v_0 \qquad (10)$$

The Numerical Result

We can describe the numerical and the result ofthe time-dependent ofthe electrical charge velocity which is affected by cosine electrical field as time-dependent charge velocity as figure (1), figure (2), figure (3) and figure (4)

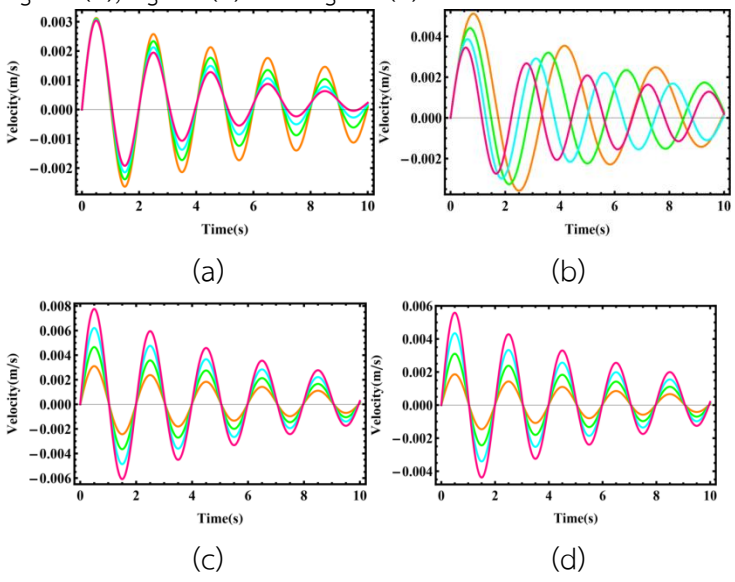


Figure 1 the time-dependent velocity of charge in cosine

(1a) represents the time-dependent velocity of charge depending on the damping coefficient (the orange line as $\eta = 0.10$ as, the green line as $\eta = 0.15$, the light blue line as $\eta = 0.20$, and thepink lineas $\eta = 0.25$).(1b) represents the time-dependent velocity of charge depending on frequency (the orange line as $f = 0.30\,\mathrm{Hz}$, the green lineas $f = 0.35\mathrm{Hz}$,

the light blue line as $f = 0.40\,\mathrm{Hz}$, and thepink line as $f = 0.45\,\mathrm{Hz}$), (1c) represents the time-dependent velocity of charge dependingon electric field (the orange line as $E_0 = 0.1\,N/C$, the green line as $E_0 = 0.15\,N/C$, the light blue line as $E_0 = 0.2\,N/C$, and the pink line as $E_0 = 0.25\,N/C$), (1d) represents the time-dependent velocity of charge dependingon the initial charged particle (the orange line as $q_0 = 0.003C$, the green line as $q_0 = 0.005C$, the light blue line is $q_0 = 0.007C$, and the pink line as $q_0 = 0.009C$)

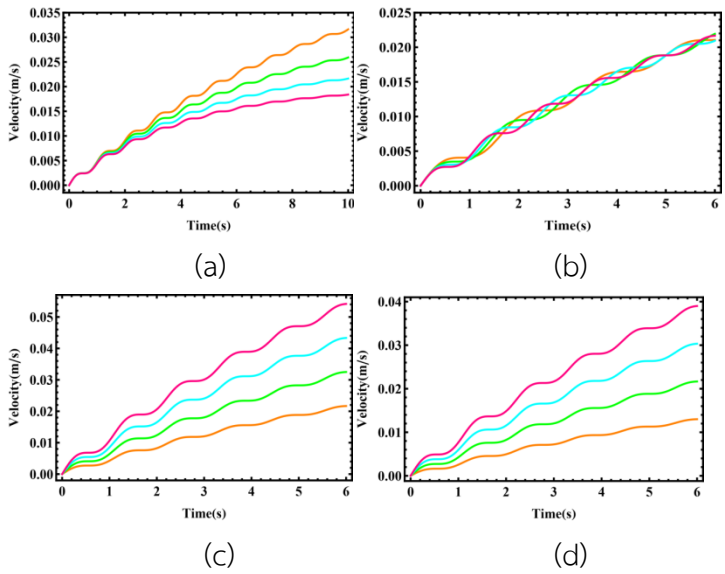


Figure 2 the time-dependent velocity of charge in the second degree of cosine

(2a) represents the time-dependent velocity of charge dependingon the damping coefficient (the orange line as $\eta = 0.1$as, the green line as $\eta = 0.15$, the light blue line as $\eta = 0.2$, and the pink lineas $\eta = 0.25$).(2b) represents the time-dependent velocity of charge dependingon frequency (the orange line as $f = 0.3\,\mathrm{Hz}$, the green lineas $f = 0.35\mathrm{Hz}$, the light blue line as $f = 0.4\,\mathrm{Hz}$, and the pink line as $f = 0.45\,\mathrm{Hz}$), (2c) represents the time-dependent velocity of charge dependingon electric field (the orange line as $E_0 = 0.1N/C$, the green line as $E_0 = 0.15\,N/C$, the light blue line as $E_0 = 0.20\,N/C$, and the pink line as $E_0 = 0.25\,N/C$), (2d) represents the

time-dependent velocity of charge dependingon the initial charged particle (the orange line as $q_0 = 0.003C$, the green line as $q_0 = 0.005C$, the light blue line is $q_0 = 0.007C$, and the pink line as $q_0 = 0.009C$)

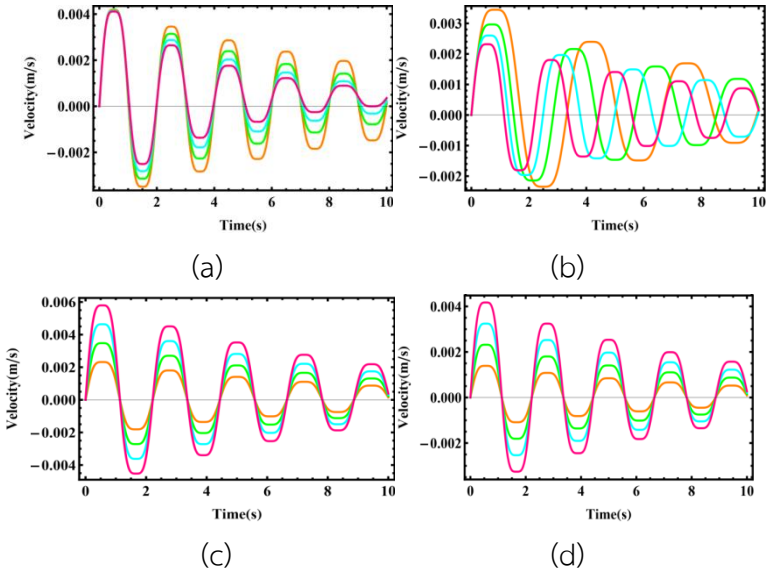


Figure 3 the time-dependent velocity of charge inthe third degree of cosine

(3a) represents the time-dependent velocity of charge dependingon the damping coefficient (the orange line as $\eta = 0.10$ as, the green line as $\eta = 0.15$, the light blue line as $\eta = 0.20$, and the pink lineas $\eta = 0.25$).(3b) represents the time-dependent velocity of charge dependingon frequency (the orange line as $f = 0.3\text{Hz}$, the green lineas $f = 0.35\text{Hz}$, the light blue line as $f = 0.4\text{Hz}$, and the pink line as $f = 0.45\text{Hz}$), (3c) represents the time-dependent velocity of charge dependingon electric field (the orange line as $E_0 = 0.1N/C$, the green line as $E_0 = 0.15N/C$, the light blue line as $E_0 = 0.2N/C$, and the pink line as $E_0 = 0.25N/C$), (3d) represents the time-dependent velocity of charge dependingon the initial charged particle (the orange line as $q_0 = 0.003C$, the green line as $q_0 = 0.005C$, the light blue line is $q_0 = 0.007C$, and the pink line as $q_0 = 0.009C$)

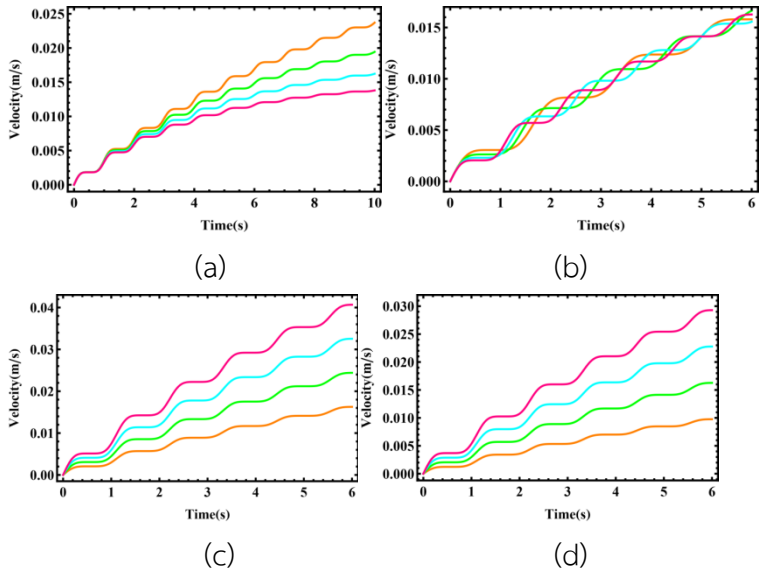


Figure 4 the time-dependent velocity of charge in the fourth degree of cosine

(4a) represents the time-dependent velocity of charge dependingon the damping coefficient (the orange line as $\eta = 0.1$as, the green line as $\eta = 0.15$, the light blue line as $\eta = 0.2$, and the pink lineas $\eta = 0.25$).(4b) represents the time-dependent velocity of charge dependingon frequency (the orange line as $f = 0.3\,\mathrm{Hz}$, the green lineas $f = 0.35\,\mathrm{Hz}$, the light blue line as $f = 0.4\,\mathrm{Hz}$, and the pink line as $f = 0.45\,\mathrm{Hz}$), (4c) represents the time-dependent velocity of charge dependingon electric field (the orange line as $E_0 = 0.1\,N/C$, the green line as $E_0 = 0.15\,N/C$, the light blue line as $E_0 = 0.2\,N/C$, and the pink line as $E_0 = 0.25\,N/C$), (4d) represents the time-dependent velocity of charge dependingon the initial charged particle (the orange line as $q_0 = 0.003C$, the green line as $q_0 = 0.005C$, the light blue line is $q_0 = 0.007C$, and the pink line as $q_0 = 0.009C$)

Discussion

From fig (1) represents the time- dependent electric charge velocity, from fig (1 a) represents the time- dependent electric charge velocity that dependingon the damping coefficient (η). The orange line as $\eta = 0.1$as, the green lineas $\eta = 0.15$, the light blue line as $\eta = 0.2$, and the pink lineas $\eta = 0.25$. If the damping coefficient is higher, the velocity of

electric charge decreases. From fig (1b) represents the time-dependent electric charge velocity that dependingon frequency, f. The orange line as $f=0.3\text{Hz}$, the green lineas $f=0.35\text{Hz}$, the light blue line as $f=0.4\text{Hz}$, and the pink line as $f=0.45\text{Hz}$. When the frequency is higher, the amplitude of velocity is lower. But the vibrating of velocity amplitude is higher. From fig (1c) represents the time-dependent electric charge velocity that dependingon the initial electric field, E_0. The orange line as $E_0=0.1N/C$, the green line as $E_0=0.15\,N/C$, the light blue line as $E_0=0.2\,N/C$, and the pink line as $E_0=0.25\,N/C$. When the initial electric field is higher, the amplitude of the velocity and the velocity of electric charge are higher. And the velocity wave has more underdamped vibrating behavior. From fig (1d) represents the time-dependent electric charge velocity that dependingon the initial charged particle, q_0. The orange line as $q_0=0.003C$, the green line as $q_0=0.005C$, the light blue line is $q_0=0.007C$, and the pink line as $q_0=0.009C$.When the initial charged particle is higher, the amplitude of velocity is higher. From fig (2) represents the time-dependent electric charge velocity, from fig (2a) represents the time-dependent electric charge velocity that dependingon the damping coefficient (η). The orange line as $\eta=0.1$as, the green lineas $\eta=0.15$, the light blue line as $\eta=0.2$, and the pink lineas $\eta=0.25$. When the damping coefficient is higher, the velocity of electric charge is lower. The vibrating behavior of electric charge likes exponential function form. From fig (2b) represents the time-dependent electric charge velocity that dependingon frequency f. When the frequency is higher, the amplitude and wavelength of velocity are lower. But the vibrating times of velocity amplitude is higher. From fig (2c) represents the time-dependent electric charge velocity that dependingon the initial electric field, E_0. When the initial electric field is higher, the velocity of electric charge is higher. And that makes the velocity wave has vibrating behavior more exponential function form. From fig (2d) represents the time-dependent electric charge velocity that dependingon the initial charged particle, q_0. When the initial

charged particle is higher, the electric velocity is higher. The velocity wave has vibrating behavior exponential function form.

From fig (3) represents the time-dependent electric charge velocity, the electric charge has a long time vibration. From fig (3a) represents the time-dependent electric charge velocity that dependingon the damping coefficient (η). When the damping coefficient is higher, the velocity of electric charge is lower. From fig (3b) represents the time-dependent electric charge velocity that dependingon frequency, f. When the frequency is higher, the amplitude of velocity is lower. But the vibrating of velocity amplitude is higher. From fig (3c) represents the time-dependent electric charge velocity that dependingon the initial electric field, E_0. When the initial electric field is higher, the amplitude of the velocity and the velocity of electric charge are higher. And the velocity wave has more underdamped vibrating behavior. From fig (3d) represents the time-dependent electric charge velocity that dependingon the initial charged particle, q_0. When the initial charged particle is higher, the amplitude of velocity is higher. From fig (4) represents the time-dependent electric charge velocity, from fig (4a) represents the time-dependent electric charge velocity that dependingonthe damping coefficient (η). When the damping coefficient is higher, the velocity of electric charge is lower. The vibrating behavior of electric charge likes exponential function form. From fig (4b) represents the time-dependent electric charge velocity that dependingon frequency, f. When the frequency is higher, the amplitude and wavelength of velocity are lower. But the vibrating times of velocity amplitude is higher. From fig (4c) represents the time-dependent electric charge velocity that dependingon the initial electric field, E_0. When the initial electric field is higher, the velocity of electric charge is higher. And that makes the velocity wave has vibrating behavior more exponential function form. From fig (4d) represents the time-dependent electric charge velocity that dependingon the initial charged particle, q_0. When the initial charged particle is higher, the electric velocity is higher. The velocity wave has vibrating behavior exponential function form. Also the electric field in the first degree form and the third degree form can apply for the stellar flaring emission

prediction. And the electric field in the second and forth degree form can apply for studying and predict the maps overview, that shows the distances of the all different star in the universe.

Conclusion

From the result, the figures show that the electrical velocity depends on the damping coefficient, the frequency, the initial electric field, the initial electrical charge. So it directly varies on the initial electrical field and the initial electrical charge, but inverse with the damping coefficient and the frequency. The velocity wave has vibrating behavior likes underdamped form when the degree of electrical field form is the odd number, and likes exponential function form when the degree of electrical field form is the even number.

Adknowledgment

We would like to thank you to The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST) of Wittayanukulnaree School, PhetchabunRajabhat University and Physics Division and Faculty of science and technology PhetchabunRajabhat University for partial support.

Reference

Kanokpol N., Pichapak M., Torsakul T. &Supaporn H. (2018). “Evaluation of velocity and acceleration for electron bound electricity time dependent type exponential sine”. Journal of Science & Technology Rajabhat University. 2018 (Vol.3), pp.43-54.

Ploywarin C., Thitiporn S., Maneelak W., Methiya U. &Supaporn H. (2018). “Evaluation of displacement and velocity of charge motion in electricity E=E0sin(ωt)”. Journal of Science & Technology Rajabhat University. 2018 (Vol.3), pp. 68-78.

Noureddine Z., Eric M. & Patrick B. (2014). “Time-resolved measurements of the electrohydrodynamics phenomena in an electrostatic precipitator using AC dielectric barrier discharges”. International Symposium on Electrohydrodynamics ISEHD, 26 June 2014.

Okinawa,Japan: International Journal of Plasma Environmental Science and Technology.

Maurizio V. (2014) Liner accelerator. Geneva,Switzerland:CERN.

Juliusz B. (2008).,"Electro Nonintrusive Method For Measuring The Electric Charge, Mass Flow Rate, and Velocity of Particulates in the Two-Phase Gas- Solid Pipe Flows- Its Only or as Many 50 Years of Historical Evolution". IEEE Transaction On Industry. 2008 (Vol.44), pp.1417-1430.

Nichapat T., Yosita S. &Artit H. (2018). "Mathematical modeling and the physics of electric field on non-symmetric linear charge density for damped-oscillatory motion". Journal of Earth Science, Astronomy and space. 2018 (Vol.1).

Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Vol. 4 No. 1 ISSN 2673-0480 (Online)

Received: 16 October 2021
Revised: 3 December 2021
Accepted: 9 December 2021

การคำนวณหาสนามไฟฟ้าจากการแจกแจงประจุแบบต่อเนื่องภายใต้ความหนาแน่นประจุเชิงเส้นแบบฟังก์ชันไซน์สำหรับการเคลื่อนที่แบบสั่น

Calculation of Electric Fieldfrom Continuous Charge Distribution on Linear Charge Density ofSine Function for Damped-Oscillatory Motion

ณัฐณิชา มะสูงเนิน[1] ปิยรัตน์ มูลศรี[2] ตรีนุช เอลลิส[3] ศานิตย์ สุวรรณวงศ์[3] และ อาทิตย์ หู้เต็ม[3*]
Nutnicha Masoongnoen[1] Piyarat Moonsri[2] Treenuch Ellis[3] Sanit Suwanwong[3]
and Artit Hutem[3]
[1]โรงเรียนวิทยานุกูลนารี ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000
[2]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 67000
[3] สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 67000
[*] artithutem@pcru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาลักษณะสนามไฟฟ้าของการแจกแจงตัวประจุไฟฟ้าแบบเชิงเส้นอย่างต่อเนื่องของตัวนำไฟฟ้าแบบแท่งยาวภายใต้ความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงเส้นซึ่งเป็นฟังก์ชันของระยะทาง r และเป็นฟังก์ชันไซน์ในเลขชี้กำลังแบบเลขคู่ และเลขคี่ โดยใช้เทคนิคการหาปริพันธ์แบบแยกส่วน พบว่าสนามไฟฟ้าของการแจกแจงตัวประจุไฟฟ้าแบบเชิงเส้นอย่างต่อเนื่องของตัวนำไฟฟ้าแบบแท่งยาวจะเป็นการสั่นแบบหน่วง เมื่อค่าความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงเส้นเป็นเลขคี่ และสนามไฟฟ้าของการแจกแจงตัวประจุไฟฟ้าแบบเชิงเส้นอย่างต่อเนื่องของตัวนำไฟฟ้าแบบแท่งยาวเป็นแบบโพรเจคไทล์ก็ต่อเมื่อความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงเส้นเป็นเลขคู่

คำสำคัญ: สนามไฟฟ้า, ความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงเส้น, การสั่นแบบหน่วง,

Abstract

This research examines the electrical field characteristics of a continuous linear-charge distribution of a long rod the conductor, via linear charge density, that is the function of the sine for over degree odd and even. And the distance with the damped-oscillatory motion, was studied to solve the electric field using integration by parts technique. The electric field of

continuous linear charge distribution of a rod conductor is obtained as a retarded oscillation only if the linear charge density is odd. The electric field of continuous linear charge distribution of a rod conductor is obtained as a retarded projectile only if the linear charge density is even.

Keywords: electric field, linear charge density, damped-oscillatory motion

บทนำ

สำหรับกรณีที่อนุภาคประจุไฟฟ้าทั้งหลายในกลุ่มประจุกลุ่มหนึ่งอยู่ใกล้กันมาก เมื่อเปรียบเทียบกับระยะทางที่กลุ่มประจุกลุ่มนั้นอยู่ห่างจากตำแหน่งที่จะหาค่าของสนามไฟฟ้า ซึ่งลักษณะดังกล่าว เรานิยมพิจารณาอนุภาคประจุไฟฟ้าในกลุ่มประจุดังกล่าวเป็นแบบต่อเนื่อง กล่าวคือ อนุภาคประจุไฟฟ้าทั้งหมดแจกแจงอย่างต่อเนื่องทั่วปริมาตรหรือทั่วผิวของตัวนำ

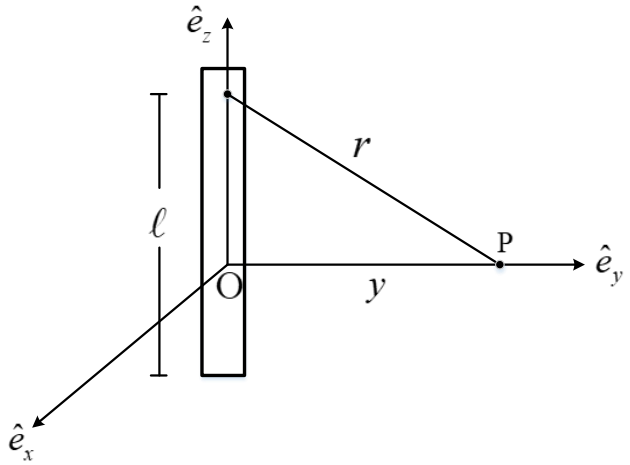
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาลักษณะสนามไฟฟ้าของการแจกแจงตัวประจุไฟฟ้าแบบเชิงเส้นอย่างต่อเนื่องของตัวนำไฟฟ้าแบบแท่งยาวภายใต้ความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงเส้นซึ่งเป็นฟังก์ชันของระยะทาง r และเป็นฟังก์ชันไซน์ในเลขชี้กำลังแบบเลขคู่ และเลขคี่

วิธีดำเนินการวิจัย

การคำนวณหาค่าสนามไฟฟ้าของการแจกแจงประจุไฟฟ้าแบบเชิงเส้นอย่างต่อเนื่อง

เส้นลวดขนาดเล็ก ๆ เส้นหนึ่งซึ่งมีความยาว ℓ เมตร และมีความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงเส้นซึ่งเป็นฟังก์ชันของระยะทาง r ดังนี้ $\lambda_1(r)$, $\lambda_2(r)$, $\lambda_3(r)$ และ $\lambda_4(r)$ มีหน่วย คูลอมบ์ต่อเมตร วางตัวตามแกน $\hat{e}_z$ ซึ่งเส้นลวดเล็ก ๆ นี้อยู่ในระบบพิกัดฉาก $(\hat{e}_x, \hat{e}_y, \hat{e}_z)$ โดยที่มีจุดกึ่งกลางของลวดเส้นนี้ ณ จุดกำเนิด O ของระบบพิกัดฉาก ซึ่งระบบนี้ เราสามารถคำนวณค่าสนามไฟฟ้าของการแจกแจงประจุไฟฟ้าแบบเชิงเส้นอย่างต่อเนื่อง บนแกน $\hat{e}_y$ (Griffiths, 1999)ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1แสดงการวางตัวของตัวนำแท่งยาว ℓ ในระบบพิกัดฉาก

จากรูปที่ 1 เราสามารถหาค่าสนามไฟฟ้าของการแจกแจงประจุไฟฟ้าแบบเชิงเส้นอย่างต่อเนื่องของตัวนำแท่งยาว ณ ตำแหน่งจุด P (Lorrain and Corson, 1972) ดังนี้

$$dE = \left(\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\right)\frac{dq}{r^2} = k\,\frac{dq}{r^2} \tag{1}$$

โดยที่ ค่าประจุไฟฟ้าน้อยยิ่งในความยาวน้อยยิ่ง ถ้า λ แทนความหนาแน่นของประจุไฟฟ้าเชิงเส้น ซึ่งมีหน่วยเป็น คูลอมบ์ต่อเมตร (C/m) เราสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าของประจุไฟฟ้าน้อยยิ่ง (dq) กับค่าระยะทางน้อยยิ่ง (dr) ดังนี้

$$dq = \lambda dr \tag{2}$$

ซึ่งในงานวิจัยนี้ ได้กำหนดความหนาแน่นของประจุไฟฟ้าเชิงเส้นซึ่งเป็นฟังก์ชันของระยะทางแท่งตัวนำ (Nichapat et.al., 2019) ดังนี้

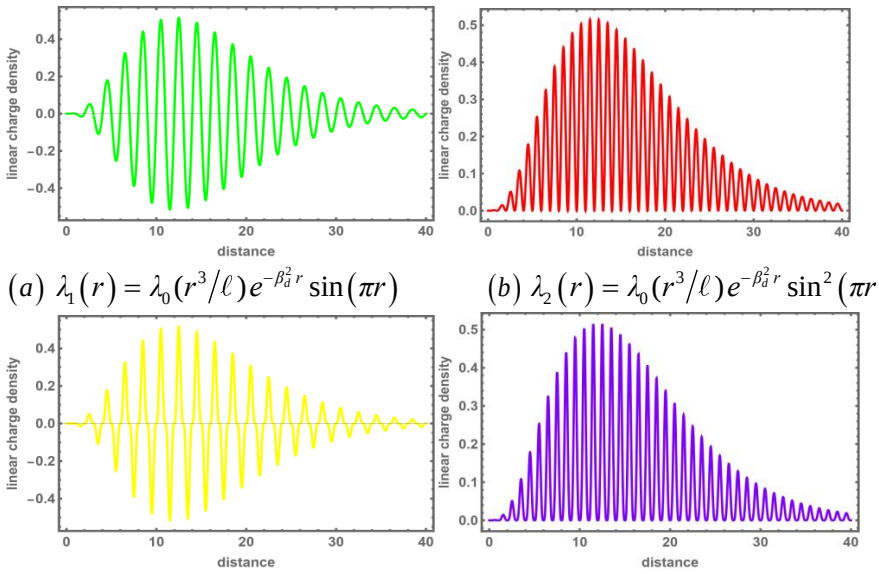
$$\lambda_1(r) = \lambda_0 \frac{r^3}{\ell} e^{-\beta_d^2 r} \sin(\pi r), \tag{3}$$

$$\lambda_2(r) = \lambda_0 \frac{r^3}{\ell} e^{-\beta_d^2 r} \sin^2(\pi r), \tag{4}$$

$$\lambda_3(r) = \lambda_0 \frac{r^3}{\ell} e^{-\beta_d^2 r} \sin^3(\pi r), \tag{5}$$

และ
$$\lambda_4(r) = \lambda_0 \frac{r^3}{\ell} e^{-\beta_d^2 r} \sin^4(\pi r) \tag{6}$$

จากสมการที่ (3)-สมการที่ (6) สามารถแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของประจุไฟฟ้าเชิงเส้นกับระยะทาง r ดังรูปที่ 2



$(a)\ \lambda_1(r) = \lambda_0(r^3/\ell)e^{-\beta_d^2 r}\sin(\pi r)$ $(b)\ \lambda_2(r) = \lambda_0(r^3/\ell)e^{-\beta_d^2 r}\sin^2(\pi r)$

$(c)\ \lambda_3(r) = \lambda_0(r^3/\ell)e^{-\beta_d^2 r}\sin^3(\pi r)$ $(d)\ \lambda_4(r) = \lambda_0(r^3/\ell)e^{-\beta_d^2 r}\sin^4(\pi r)$

รูปที่ 2แสดงการกระจายตัวของประจุไฟฟ้า ตามความหนาแน่นของประจุไฟฟ้าเชิงเส้นซึ่งเป็นฟังก์ชันของระยะทางแท่งตัวนำ

ต่อไปเราจะคำนวณหาสนามไฟฟ้าโดยนำสมการที่ (3), (4), (5), และ(6) แทนลงในสมการที่ (2) แล้วนำสมการดังกล่าวไปแทนในสมการที่ (1) จะได้ค่าสนามไฟฟ้าของการแจกแจงประจุไฟฟ้าแบบเชิงเส้นอย่างต่อเนื่องของตัวนำแท่งยาว ณ ตำแหน่งจุด P 4 แบบ(Maglaras and Maglaras, 2004)ดังนี้

$$dE_1 = \frac{k\lambda_0}{\ell} re^{-\beta_d^2 r}\sin(\pi r)\,dr \qquad (7)$$

$$dE_2 = \frac{k\lambda_0}{\ell} re^{-\beta_d^2 r}\sin^2(\pi r)\,dr \qquad (8)$$

$$dE_3 = \frac{k\lambda_0}{\ell} re^{-\beta_d^2 r}\sin^3(\pi r)\,dr \qquad (9)$$

และ $$dE_4 = \frac{k\lambda_0}{\ell} re^{-\beta_d^2 r}\sin^4(\pi r)\,dr \qquad (10)$$

เราสามารถทำการหาปริพันธ์แบบแยกส่วน โดยใช่เอกลักษณ์ตรีโกณมิติ(Riley, and Hobson,2006) ดังนี้

$$\sin^2(\pi r) = \left[\left(1-\cos(2\pi r)\right)/2\right] \qquad (11)$$

$$\sin^3(\pi r) = \frac{3}{4}\sin(\pi r) - \frac{1}{4}\sin(3\pi r) \qquad (12)$$

$$\sin^4(\pi r) = \frac{3}{8} - \frac{1}{2}\cos(2\pi r) + \frac{1}{8}\cos(4\pi r) \qquad (13)$$

เราใช้เอกลักษณ์ตรีโกณมิติของสมการที่ (11), (12) และ (13) เพื่อคำนวณหาค่าสนามไฟฟ้าของการแจกแจงประจุไฟฟ้าแบบเชิงเส้นอย่างต่อเนื่องของตัวนำแท่งยาว ณ ตำแหน่งจุด P น้อยยิ่ง 4 แบบดังนี้ สนามไฟฟ้าของการแจกแจงประจุไฟฟ้าแบบเชิงเส้นอย่างต่อเนื่องของตัวนำแท่งยาว ณ ตำแหน่งจุด P แบบที่ 1 (Generazio,2017)คือ

$$E_1 = \frac{2k\lambda_0}{\ell}\int_0^{\ell/2} r\,e^{-\beta_d^2 r}\sin(\pi r)\,dr, \qquad (14)$$

$$E_1 = \frac{2k\lambda_0}{\ell}\left(\frac{\ell\,e^{-\beta_d^2\ell/2}\left(-\beta_d^2\sin(\pi\ell/2)-\pi\cos(\pi\ell/2)\right)}{2\left(\beta_d^4+\pi^2\right)}+\frac{2\beta_d^2\pi}{\left(\beta_d^4+\pi^2\right)^2}\right.$$
$$\left.-\frac{e^{-\beta_d^2\ell/2}\left(\left(\beta_d^4-\pi^2\right)\sin(\pi\ell/2)+2\pi\beta_d^2\cos(\pi\ell/2)\right)}{\left(\beta_d^4+\pi^2\right)^2}\right) \qquad (15)$$

สนามไฟฟ้าของการแจกแจงประจุไฟฟ้าแบบเชิงเส้นอย่างต่อเนื่องของตัวนำแท่งยาว ณ ตำแหน่งจุด P แบบที่ 2 คือ

$$E_2 = \frac{2k\lambda_0}{2\ell}\int_0^{\ell/2} r\,e^{-\beta_d^2 r}\left(1-\cos(2\pi r)\right)dr \qquad (16)$$

$$E_2 = \frac{k\lambda_0}{\ell}\left(-\frac{e^{-\beta_d^2\ell/2}}{\beta_d^2}\left(\frac{\ell}{2}+\frac{1}{\beta_d^2}\right)+\frac{1}{\beta_d^4}-\frac{\ell\,e^{-\beta_d^2\ell/2}\left(\pi\sin(\pi\ell/2)-\pi\beta_d^2\cos(\pi\ell/2)\right)}{2\left(\beta_d^4+\pi^2\right)}\right.$$
$$\left.+\frac{\left(\beta_d^4-\pi^2\right)}{\left(\beta_d^4+\pi^2\right)}+\frac{e^{-\beta_d^2\ell/2}\left(\left(\beta_d^4-\pi^2\right)\cos(\pi\ell/2)-2\pi\beta_d^2\sin(\pi\ell/2)\right)}{\left(\beta_d^4+\pi^2\right)^2}\right) \qquad (17)$$

สนามไฟฟ้าของการแจกแจงประจุไฟฟ้าแบบเชิงเส้นอย่างต่อเนื่องของตัวนำแท่งยาว ณ ตำแหน่งจุด P แบบที่ 3 คือ

$$E_3 = \frac{2k\lambda_0}{\ell}\left(\frac{3}{4}\int_0^{\ell/2} r\,e^{-\beta_d^2 r}\sin(\pi r)\,dr-\frac{1}{4}\int_0^{\ell/2} r\,e^{-\beta_d^2 r}\sin(3\pi r)\,dr\right), \qquad (18)$$

$$E_3 = \frac{3k\lambda_0}{2\ell}\left(\frac{\ell\,e^{-\beta_d^2\ell/2}\left(-\beta_d^2\sin(\pi\ell/2)-\pi\cos(\pi\ell/2)\right)}{2\left(\beta_d^4+\pi^2\right)}+\frac{2\pi\beta_d^2}{\left(\beta_d^4+\pi^2\right)^2}\right.$$
$$\left.-\frac{e^{-\beta_d^2\ell/2}\left(\left(\beta_d^4-\pi^2\right)\sin(\pi\ell/2)+2\pi\beta_d^2\cos(\pi\ell/2)\right)}{\left(\beta_d^4+\pi^2\right)^2}\right)$$
$$-\frac{k\lambda_0}{2\ell}\left(\frac{6\pi\beta_d^2}{\left(\beta_d^4+9\pi^2\right)^2}+\frac{\ell\,e^{-\beta_d^2\ell/2}\left(-\beta_d^2\sin(3\pi\ell/2)-3\pi\cos(3\pi\ell/2)\right)}{2\left(\beta_d^4+9\pi^2\right)}\right.$$

$$-\frac{e^{-\beta_d^2\ell/2}\left(\left(\beta_d^4-9\pi^2\right)\sin\left(3\pi\ell/2\right)+6\pi\beta_d^2\cos\left(3\pi\ell/2\right)\right)}{\left(\beta_d^4+9\pi^2\right)^2}\Bigg) \qquad (19)$$

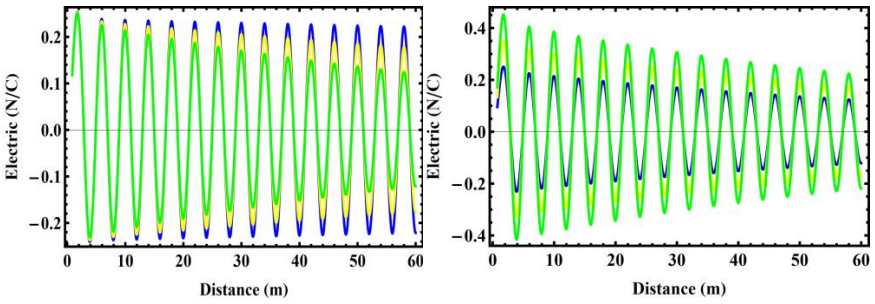
สนามไฟฟ้าของการแจกแจงประจุไฟฟ้าแบบเชิงเส้นอย่างต่อเนื่องของตัวนำแท่งยาว ณ ตำแหน่งจุด P แบบที่ 4 คือ

$$E_4=\frac{2k\lambda_0}{\ell}\left(\frac{1}{8}\int_0^{\ell/2} r\,e^{-\beta_d^2 r}\cos\left(4\pi r\right)dr-\frac{1}{2}\int_0^{\ell/2} r\,e^{-\beta_d^2 r}\cos\left(2\pi r\right)dr+\frac{3}{8}\int_0^{\ell/2} r\,e^{-\beta_d^2 r}\,dr\right), \qquad (20)$$

$$E_4=\frac{3k\lambda_0}{4\ell}\left(-\frac{e^{-\beta_d^2\ell/2}}{\beta_d^2}\left(\frac{\ell}{2}+\frac{1}{\beta_d^2}\right)\right)-\frac{k\lambda_0}{2\ell}\left(\frac{\ell\,e^{-\beta_d^2\ell/2}\left(-\beta_d^2\cos\left(2\pi\ell/2\right)+2\pi\sin\left(2\pi\ell/2\right)\right)}{2\left(\beta_d^4+4\pi^2\right)}\right.$$
$$\left.-\frac{e^{-\beta_d^2\ell/2}\left(\left(\beta_d^4-4\pi^2\right)\cos\left(2\pi\ell/2\right)-4\pi\beta_d^2\sin\left(2\pi\ell/2\right)\right)}{\left(\beta_d^4+4\pi^2\right)^2}+\frac{\left(\beta_d^4-4\pi^2\right)}{\left(\beta_d^4+4\pi^2\right)^2}\right)$$
$$+\frac{k\lambda_0}{4\ell}\left(\frac{\ell\,e^{-\beta_d^2\ell/2}\left(-\beta_d^2\cos\left(4\pi\ell/2\right)+4\pi\sin\left(4\pi\ell/2\right)\right)}{2\left(\beta_d^4+16\pi^2\right)}+\frac{\left(\beta_d^4-16\pi^2\right)}{\left(\beta_d^4+16\pi^2\right)^2}\right.$$
$$\left.-\frac{e^{-\beta_d^2\ell/2}\left(\left(\beta_d^4-16\pi^2\right)\cos\left(4\pi\ell/2\right)-8\pi\beta_d^2\sin\left(4\pi\ell/2\right)\right)}{\left(\beta_d^4+16\pi^2\right)^2}\right) \qquad (21)$$

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากสมการที่ (15) เป็นค่าสนามไฟฟ้าของการแจกแจงประจุไฟฟ้าแบบเชิงเส้นอย่างต่อเนื่องของตัวนำแท่งยาว ℓ ณ ตำแหน่งจุด P แบบที่ 1 โดยมีค่า $\lambda_1(r)=\lambda_0\left(r^3/\ell\right)e^{-\beta_d^2 r}\sin\left(\pi r\right)$ ซึ่งสามารถแสดงลักษณะของการสั่นของประจุไฟฟ้าเป็นการสั่นแบบหน่วงดังรูปที่ 3

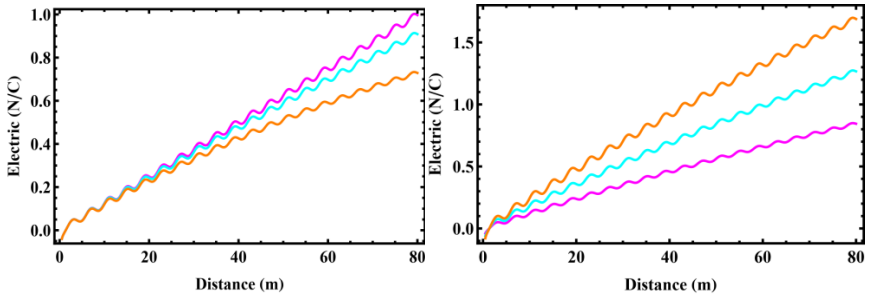


(a) (b)

รูปที่ 3(a) แสดงลักษณะการสั่นของสนามไฟฟ้าของการแจกแจงประจุไฟฟ้าแบบเชิงเส้นอย่างต่อเนื่องของตัวนำแท่งยาว ในกรณี ที่ค่าสัมประสิทธิ์ของความหน่วงเปลี่ยนค่าจาก $\beta_{d1} = 0.05,\ \beta_{d2} = 0.10,\ \beta_{d3} = 0.15$ (b) แสดงลักษณะการสั่นของสนามไฟฟ้าของการแจกแจงประจุไฟฟ้าแบบเชิงเส้นอย่างต่อเนื่องของตัวนำแท่งยาว ในกรณี ที่ค่าความหนาแน่นของประจุไฟฟ้าเชิงเส้นเริ่มต้นโดยมีการเปลี่ยนแปลงค่าจาก $\lambda_{01} = 0.5C/m,\ \lambda_{02} = 0.7C/m,\ \lambda_{03} = 0.9C/m$ (Zuo , 2014)

จากรูปที่ 3 (a)เรากำหนดตัวแปรต้น เป็น ค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วง $\beta_{d1} = 0.05,$ มีตัวแปรตามเป็นกราฟสีน้ำเงินแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง สนามไฟฟ้า $E(\ell)$ กับระยะทางของแท่งตัวนำ เกิดลักษณะการสั่นของประจุไฟฟ้าแบบหน่วง เรากำหนดตัวแปรต้น เป็น ค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วง $\beta_{d2} = 0.10,$ มีตัวแปรตามเป็นกราฟสีเหลืองแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง สนามไฟฟ้า $E(\ell)$ กับระยะทางของแท่งตัวนำ เรากำหนดตัวแปรต้น เป็น ค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วง $\beta_{d3} = 0.15,$ มีตัวแปรตามเป็นกราฟสีเขียวแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง สนามไฟฟ้า $E(\ell)$ กับระยะทางของแท่งตัวนำ เกิดลักษณะการสั่นของประจุไฟฟ้าแบบหน่วง ถ้าเราทำการเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วงจะทำให้สนามไฟฟ้าของการแจกแจงประจุไฟฟ้าแบบเชิงเส้นอย่างต่อเนื่องของตัวนำแท่งยาวเกิดมีขนาดลดลงเมื่อระยะทางของแท่งตัวนำเพิ่มขึ้นจากรูปที่ 3 (b)เรากำหนดตัวแปรต้น เป็น ค่าความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงเส้นเริ่มต้น $\lambda_{01} = 0.5C/m$ มีตัวแปรตามเป็นกราฟสีน้ำเงินแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง สนามไฟฟ้า $E(\ell)$ กับระยะทางของแท่งตัวนำ เกิดลักษณะการสั่นของประจุไฟฟ้าแบบหน่วง เรากำหนดตัวแปรต้น เป็น ค่าความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงเส้นเริ่มต้น $\lambda_{02} = 0.7C/m$ มีตัวแปรตามเป็นกราฟสีเหลืองแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง สนามไฟฟ้า $E(\ell)$ กับระยะทางของแท่งตัวนำ เรากำหนดตัวแปรต้น เป็น ค่าความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงเส้นเริ่มต้น $\lambda_{03} = 0.9C/m$ มีตัวแปรตามเป็นกราฟสีเขียวแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสนามไฟฟ้า $E(\ell)$ กับระยะทางของแท่งตัวนำ เกิดลักษณะการสั่นของประจุไฟฟ้าแบบหน่วง ถ้าเราทำการเพิ่มค่าความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงเส้นเริ่มต้นจะทำให้สนามไฟฟ้าของการแจกแจงประจุไฟฟ้าแบบเชิงเส้นอย่างต่อเนื่องของตัวนำแท่งยาวเกิดมีขนาดเพิ่มขึ้นแต่แอมพลิจูดของสนามไฟฟ้าจะลดลงเมื่อระยะทางของแท่งตัวนำเพิ่มขึ้น

จากสมการที่ (17) เป็นค่าสนามไฟฟ้าของการแจกแจงประจุไฟฟ้าแบบเชิงเส้นอย่างต่อเนื่องของตัวนำแท่งยาว ℓ ณ ตำแหน่งจุด P แบบที่ 2 โดยมีค่า $\lambda_2(r) = \lambda_0\left(r^3/\ell\right)e^{-\beta_d^2 r}\sin^2(\pi r)$ ซึ่งสามารถแสดงลักษณะของการสั่นของประจุไฟฟ้าเป็นการสั่นแบบหน่วงดังรูปที่ 4



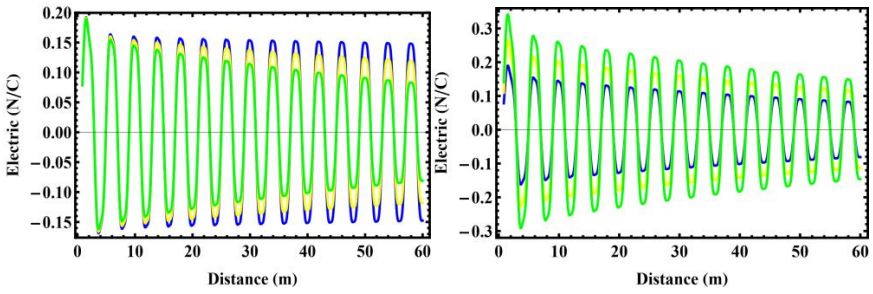
(a) (b)

รูปที่ 4(a) แสดงการสั่นของสนามไฟฟ้าของการแจกแจงประจุไฟฟ้าแบบเชิงเส้นอย่างต่อเนื่องของตัวนำแท่งยาว ภายใต้ความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงเส้น $\lambda_2(r)$ ในกรณี ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ของความหน่วงเปลี่ยนค่าจาก $\beta_{d1} = 0.01, \beta_{d2} = 0.06, \beta_{d3} = 0.11$ (b) แสดงการสั่นของสนามไฟฟ้าของการแจกแจงประจุไฟฟ้าแบบเชิงเส้นอย่างต่อเนื่องของตัวนำแท่งยาว ภายใต้ความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงเส้น $\lambda_2(r)$ ในกรณี ที่ค่าความหนาแน่นของประจุไฟฟ้าเชิงเส้นเริ่มต้นโดยมีการเปลี่ยนแปลงค่าจาก $\lambda_{01} = 0.1C/m$, $\lambda_{02} = 0.15C/m$, $\lambda_{03} = 0.20C/m$

จากรูปที่ 4 (a)เรากำหนดตัวแปรต้น เป็น ค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วง $\beta_{d1} = 0.01$,มีตัวแปรตามเป็นกราฟสีชมพูแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง สนามไฟฟ้า $E(\ell)$ กับระยะทางของแท่งตัวนำ เกิดลักษณะการสั่นของประจุไฟฟ้าแบบหน่วง เรากำหนดตัวแปรต้น เป็น ค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วง $\beta_{d2} = 0.06$,มีตัวแปรตามเป็นกราฟสีฟ้าอ่อนแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง สนามไฟฟ้า $E(\ell)$ กับระยะทางของแท่งตัวนำ เรากำหนดตัวแปรต้น เป็น ค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วง $\beta_{d3} = 0.11$,มีตัวแปรตามเป็นกราฟสีน้ำตาลแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง สนามไฟฟ้า $E(\ell)$ กับระยะทางของแท่งตัวนำ เกิดลักษณะการสั่นของประจุไฟฟ้าแบบหน่วง ถ้าเราทำการเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วงจะทำให้สนามไฟฟ้าของการแจกแจงประจุไฟฟ้าแบบเชิงเส้นอย่างต่อเนื่องของตัวนำแท่งยาวเกิดมีขนาดลดลงเมื่อระยะทางของแท่งตัวนำเพิ่มขึ้นลักษณะของกราฟสนามไฟฟ้าโดยรวมกราฟสนามไฟฟ้าคล้ายกับแบบโพรเจคไทล์ขาขึ้น จากรูปที่ 4 (b)เรากำหนดตัวแปรต้น เป็น ค่าความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงเส้นเริ่มต้น $\lambda_{01} = 0.10C/m$ มีตัวแปรตามเป็นกราฟสีชมพูแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง สนามไฟฟ้า $E(\ell)$ กับระยะทางของแท่งตัวนำ เกิดลักษณะการสั่นของประจุไฟฟ้าแบบหน่วง เรากำหนดตัวแปรต้น เป็น ค่าความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงเส้นเริ่มต้น $\lambda_{02} = 0.15C/m$ มีตัวแปรตามเป็นกราฟสีฟ้าอ่อนแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง สนามไฟฟ้า $E(\ell)$ กับระยะทางของแท่งตัวนำ เรากำหนดตัวแปรต้น เป็น ค่าความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงเส้นเริ่มต้น

$\lambda_{03} = 0.20C/m$ มีตัวแปรตามเป็นกราฟสีน้ำตาลแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง สนามไฟฟ้า $E(\ell)$ กับระยะทางของแท่งตัวนำ เกิดลักษณะการสั่นของประจุไฟฟ้าแบบหน่วง ถ้าเราทำการเพิ่มค่าความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงเส้นเริ่มต้นจะทำให้สนามไฟฟ้าของการแจกแจงประจุไฟฟ้าแบบเชิงเส้นอย่างต่อเนื่องของตัวนำแท่งยาวเกิดมีขนาดเพิ่มขึ้นแต่แอมพลิจูดของสนามไฟฟ้าจะลดลงเมื่อระยะทางของแท่งตัวนำเพิ่มขึ้น ลักษณะของกราฟสนามไฟฟ้าโดยรวมกราฟสนามไฟฟ้าคล้ายกับแบบโพรเจคไทล์ขาขึ้น

จากสมการที่ (19) เป็นค่าสนามไฟฟ้าของการแจกแจงประจุไฟฟ้าแบบเชิงเส้นอย่างต่อเนื่องของตัวนำแท่งยาว ณ ตำแหน่งจุด P แบบที่ 3 โดยมีค่า $\lambda_3(r) = \lambda_0\left(r^3/\ell\right)e^{-\beta_d^2 r}\sin^3(\pi r)$ ซึ่งสามารถแสดงลักษณะของการสั่นของประจุไฟฟ้าเป็นการสั่นแบบหน่วงดังรูปที่ 5



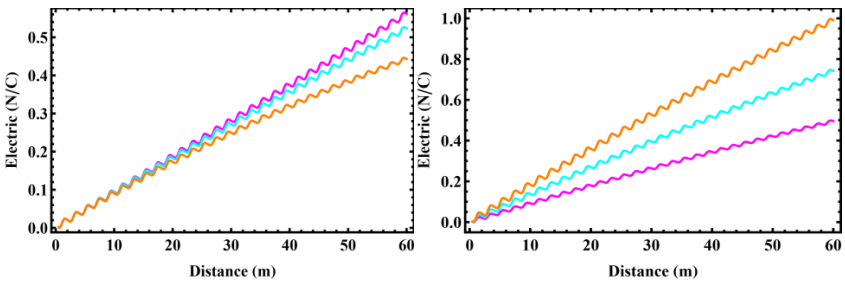
(a) (b)

รูปที่ 5(a) แสดงการสั่นของสนามไฟฟ้าของการแจกแจงประจุไฟฟ้าแบบเชิงเส้นอย่างต่อเนื่องของตัวนำแท่งยาว ภายใต้ความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงเส้น $\lambda_3(r)$ ในกรณี ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ของความหน่วงเปลี่ยนค่าจาก $\beta_{d1} = 0.05,\ \beta_{d2} = 0.10,\ \beta_{d3} = 0.15$ (b) แสดงการสั่นของสนามไฟฟ้าของการแจกแจงประจุไฟฟ้าแบบเชิงเส้นอย่างต่อเนื่องของตัวนำแท่งยาว ภายใต้ความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงเส้น $\lambda_3(r)$ ในกรณี ที่ค่าความหนาแน่นของประจุไฟฟ้าเชิงเส้นเริ่มต้นโดยมีการเปลี่ยนแปลงค่าจาก $\lambda_{01} = 0.5C/m,$ $\lambda_{02} = 0.7C/m,\ \lambda_{03} = 0.9C/m$

จากรูปที่ 5 (a)เรากำหนดตัวแปรต้น เป็น ค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วง $\beta_{d1} = 0.05,$ มีตัวแปรตามเป็นกราฟสีน้ำเงินแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง สนามไฟฟ้า $E(\ell)$ กับระยะทางของแท่งตัวนำ เกิดลักษณะการสั่นของประจุไฟฟ้าแบบหน่วง เรากำหนดตัวแปรต้น เป็น ค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วง $\beta_{d2} = 0.10,$ มีตัวแปรตามเป็นกราฟสีเหลืองแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง สนามไฟฟ้า $E(\ell)$ กับระยะทางของแท่งตัวนำ เรากำหนดตัวแปรต้น เป็น ค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วง $\beta_{d3} = 0.15,$ มีตัวแปรตามเป็นกราฟสีเขียวแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสนามไฟฟ้า $E(\ell)$ กับระยะทางของแท่งตัวนำ เกิด

ลักษณะการสั่นของประจุไฟฟ้าแบบหน่วง ถ้าเราทำการเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วงจะทำให้สนามไฟฟ้าของการแจกแจงประจุไฟฟ้าแบบเชิงเส้นอย่างต่อเนื่องของตัวนำแท่งยาวเกิดมีขนาดลดลงเมื่อระยะทางของแท่งตัวนำเพิ่มขึ้น และช่วงความกว้างของแอมพลิจูดของสนามไฟฟ้ามีลักษณะกว้างขึ้นจากรูปที่ 5 (b)เรากำหนดตัวแปรต้น เป็นค่าความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงเส้นเริ่มต้น $\lambda_{01} = 0.5C/m$ มีตัวแปรตามเป็นกราฟสีน้ำเงินแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง สนามไฟฟ้า $E(\ell)$ กับระยะทางของแท่งตัวนำ เกิดลักษณะการสั่นของประจุไฟฟ้าแบบหน่วง เรากำหนดตัวแปรต้น เป็น ค่าความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงเส้นเริ่มต้น $\lambda_{02} = 0.7C/m$ มีตัวแปรตามเป็นกราฟสีเหลืองแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง สนามไฟฟ้า $E(\ell)$ กับระยะทางของแท่งตัวนำ เรากำหนดตัวแปรต้น เป็น ค่าความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงเส้นเริ่มต้น $\lambda_{03} = 0.9C/m$ มีตัวแปรตามเป็นกราฟสีเขียวแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง สนามไฟฟ้า $E(\ell)$ กับระยะทางของแท่งตัวนำ เกิดลักษณะการสั่นของประจุไฟฟ้าแบบหน่วง ถ้าเราทำการเพิ่มค่าความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงเส้นเริ่มต้นจะทำให้สนามไฟฟ้าของการแจกแจงประจุไฟฟ้าแบบเชิงเส้นอย่างต่อเนื่องของตัวนำแท่งยาวเกิดมีขนาดเพิ่มขึ้นแต่แอมพลิจูดของสนามไฟฟ้าจะลดลงเมื่อระยะทางของแท่งตัวนำเพิ่มขึ้นและช่วงความกว้างของแอมพลิจูดของสนามไฟฟ้ามีลักษณะกว้างขึ้น

จากสมการที่ (21) เป็นค่าสนามไฟฟ้าของการแจกแจงประจุไฟฟ้าแบบเชิงเส้นอย่างต่อเนื่องของตัวนำแท่งยาว ณ ตำแหน่งจุด P แบบที่ 4 โดยมีค่า $\lambda_4(r) = \lambda_0\left(r^3/\ell\right)e^{-\beta_d^2 r}\sin^4(\pi r)$ ซึ่งสามารถแสดงลักษณะของการสั่นของประจุไฟฟ้าเป็นการสั่นแบบหน่วงดังรูปที่ 6



(a) (b)

รูปที่ 6 (a) แสดงการสั่นของสนามไฟฟ้าของการแจกแจงประจุไฟฟ้าแบบเชิงเส้นอย่างต่อเนื่องของตัวนำแท่งยาว ภายใต้ความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงเส้น $\lambda_4(r)$ ในกรณี ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ของความหน่วงเปลี่ยนค่าจาก $\beta_{d1} = 0.01, \beta_{d2} = 0.06, \beta_{d3} = 0.11$ (b) แสดงการสั่นของสนามไฟฟ้าของการแจกแจงประจุไฟฟ้าแบบเชิงเส้นอย่างต่อเนื่องของตัวนำแท่งยาว ภายใต้ความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงเส้น $\lambda_4(r)$ ในกรณี ที่ค่าความ

หนาแน่นของประจุไฟฟ้าเชิงเส้นเริ่มต้นโดยมีการเปลี่ยนแปลงค่าจาก จาก $\lambda_{01} = 0.1C/m,\ \lambda_{02} = 0.15C/m, \lambda_{03} = 0.20C/m$

จากรูปที่ 6 (a)เรากำหนดตัวแปรต้น เป็น ค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วง $\beta_{d1} = 0.01,$ มีตัวแปรตามเป็นกราฟสีชมพูแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง สนามไฟฟ้า $E(\ell)$ กับระยะทางของแท่งตัวนำ เกิดลักษณะการสั่นของประจุไฟฟ้าแบบหน่วง เรากำหนดตัวแปรต้น เป็น ค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วง $\beta_{d2} = 0.06,$ มีตัวแปรตามเป็นกราฟสีฟ้าอ่อนแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง สนามไฟฟ้า $E(\ell)$ กับระยะทางของแท่งตัวนำ เรากำหนดตัวแปรต้น เป็น ค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วง $\beta_{d3} = 0.11,$ มีตัวแปรตามเป็นกราฟสีน้ำตาลแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง สนามไฟฟ้า $E(\ell)$ กับระยะทางของแท่งตัวนำ เกิดลักษณะการสั่นของประจุไฟฟ้าแบบหน่วง ถ้าเราทำการเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วงจะทำให้สนามไฟฟ้าของการแจกแจงประจุไฟฟ้าแบบเชิงเส้นอย่างต่อเนื่องของตัวนำแท่งยาวเกิดมีขนาดลดลงเมื่อระยะทางของแท่งตัวนำเพิ่มขึ้นลักษณะของกราฟสนามไฟฟ้าโดยรวมกราฟสนามไฟฟ้าคล้ายกับแบบโพรเจคไทล์ขาขึ้น จากรูปที่ 6 (b)เรากำหนดตัวแปรต้น เป็น ค่าความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงเส้นเริ่มต้น $\lambda_{01} = 0.10C/m$ มีตัวแปรตามเป็นกราฟสีชมพูแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง สนามไฟฟ้า $E(\ell)$ กับระยะทางของแท่งตัวนำ เกิดลักษณะการสั่นของประจุไฟฟ้าแบบหน่วง เรากำหนดตัวแปรต้น เป็น ค่าความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงเส้นเริ่มต้น $\lambda_{02} = 0.15C/m$ มีตัวแปรตามเป็นกราฟสีฟ้าอ่อนแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง สนามไฟฟ้า $E(\ell)$ กับระยะทางของแท่งตัวนำ เรากำหนดตัวแปรต้น เป็น ค่าความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงเส้นเริ่มต้น $\lambda_{03} = 0.20C/m$ มีตัวแปรตามเป็นกราฟสีน้ำตาลแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง สนามไฟฟ้า $E(\ell)$ กับระยะทางของแท่งตัวนำ เกิดลักษณะการสั่นของประจุไฟฟ้าแบบหน่วง ถ้าเราทำการเพิ่มค่าความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงเส้นเริ่มต้นจะทำให้สนามไฟฟ้าของการแจกแจงประจุไฟฟ้าแบบเชิงเส้นอย่างต่อเนื่องของตัวนำแท่งยาวเกิดมีขนาดเพิ่มขึ้นแต่แอมพลิจูดของสนามไฟฟ้าจะลดลงเมื่อระยะทางของแท่งตัวนำเพิ่มขึ้นลักษณะของกราฟสนามไฟฟ้าโดยรวมกราฟสนามไฟฟ้าคล้ายกับแบบโพรเจคไทล์ขาขึ้น

สรุปผลการวิจัย

สนามไฟฟ้าของการแจกแจงประจุไฟฟ้าแบบเชิงเส้นอย่างต่อเนื่องของตัวนำแท่งยาวที่ได้มาจากความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงเส้นแบบฟังก์ชันไซน์มีเลขชี้กำลังเป็นเลขคี่สนามไฟฟ้ามีลักษณะเป็นการสั่นแบบหน่วงและมีความกว้างของแอมพลิจูดของสนามไฟฟ้ากว้างขึ้น ถ้าความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงเส้นแบบฟังก์ชันไซน์มีเลขชี้กำลังเป็นเลข 3 สนามไฟฟ้าของการแจกแจงประจุไฟฟ้าแบบเชิงเส้นอย่างต่อเนื่องของตัวนำ

แท่งยาวที่ได้มาจากความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงเส้นแบบฟังก์ชันไซน์มีเลขชี้กำลังเป็นเลขคู่จะมีลักษณะของกราฟของสนามไฟฟ้าคล้ายกับแบบโพรเจคไทล์ขาขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่ให้การสนับสนุนด้านสถานที่ และเวลาในการทำงานวิจัย จนกระทั่งงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

NichapatThongsit, YositaSangnok, ArtitHutem, (2019), Mathematical modeling and the physics of electric field on nons-ymmetric linear charge density for damped-oscillatory motion, วารสารวิทยาศาสตร์โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ, ปีที่ 1 ฉบับที่ 1.

Maglaras A. and Maglaras L., (2004), International Conference WSEAS MMACTEE.

Generazio E.R., (2017), Electric Potential and Electric Field Imaging, AIP Conference Proceeding 1806, 020025.

Zuo F. ,(2014), American Journal of Physics September 22.

Riley, K.F.,& Hobson, M.P. (2006). Mathematical Methods for Physics and Engineering.(3th ed.). New York: Cambridge University Press.

Atamp A.,(1990), Introduction to classical mechanics, Prentice-Hall, United States America, pp. 20-63.

Lorrain P. and Corson D.R., (1972), Electromagnetic fields and wave second edition, San Francisco, W.H. Freeman and company, PP. 40-61.

David J. Griffiths,(1999), Introduction to electrodynamics, (3th ed.). New Jersey, Prentice-Hall International, Inc. pp. 58-70.

Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Vol. 4 No. 1 ISSN 2673-0480 (Online)

Received: 25 October 2021
Revised: 3 December 2021
Accepted: 12 December 2021

องค์ประกอบของค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลก ณ อุทยานดาราศาสตร์สิรินธร

Components of Atmospheric Extinction Coefficient at Princess Sirindhorn AstroPark

ดลฤดี สุขใจ[1*] ถิรนันท์ สอนแก้ว[1] นิพนธ์ นายหว่าง[1] ธนกิจ ใจพะยัก[1] กัญญ์วรา พานประทีป[1]
สุพรรษา กาไชยา[1] ณัฐกานต์ จันทร์ทิพย์[1] สมสวัสดิ์ รัตนสูรย์[2] และ Ronald Macatangay[2]
Donrudee Sookjai[1*] Thiranan Sonkeaw[1] Nipon Naiwang [1] Tanakij Jaipayuk[1]
Kunwara Panprateep[1] Suphansa Kachaiya[1] Nuttakarn Juntip[1] Somsawat Rattanasoon[2]
and Ronald Macatangay[2]
[1] คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
[2] สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์กรมหาชน)
[*] dondee@g.lpru.ac.th

บทคัดย่อ

ค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลก ณ หอดูดาวอุทยานดาราศาสตร์สิรินธร จากการศึกษาด้วยกล้องโทรทรรศน์ชนิดสะท้อนแสงขนาด 0.7 เมตร โดยวิธีซีซีดีโฟโตเมตรีด้วยแผ่นกรองแสง B, V, R และ I ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 พบว่ามีค่าเท่ากับ 1.155 ± 0.121, 0.823 ± 0.096, 0.625 ± 0.073 และ 0.424 ± 0.051 ตามลำดับ ทำให้ได้สมการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การกระเจิงจากอนุภาคละอองลอยของแสงดาวเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลกคือ $\kappa_{aer}(\lambda,h) = 0.39\ (\pm 0.02)\lambda^{-0.90\ (\pm 0.09)}$ ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ประมาณปริมาณอนุภาคละอองลอยในบรรยากาศเหนือหอดูดาวได้

คำสำคัญ: การกระเจิงจากอนุภาคละอองลอย, อุทยานดาราศาสตร์สิรินธร, การลดลงของแสงดาวเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลก

Abstract

The atmospheric extinction coefficients at the Princess Sirindhorn AstroPark measured with a 0.7 meter reflecting telescope using CCD photometric technique during in February 2020. The results showed that the atmospheric extinction coefficients were 1.155 ± 0.121, 0.823 ± 0.096, 0.625 ± 0.073 and 0.424 ± 0.051 through the B, V, R and I filters respectively. From the results of atmospheric extinction coefficients, an empirical equation for atmospheric aerosol was determined and is given by $K_{aer}(\lambda,h) = 0.39\ (\pm 0.02)\lambda^{-0.90\ (\pm 0.09)}$. This equation can be used to estimate the aerosol in the atmosphere above the observatory.

Keywords: aerosol scattering, Princess Sirindhorn AstroPark, atmospheric extinction coefficients

บทนำ

ชั้นบรรยากาศของโลกทำให้ความเข้มของแสงที่ผ่านมายังโลกนั้นมีค่าน้อยกว่าความเป็นจริง เนื่องจากพบว่าบรรยากาศประกอบด้วยโมเลกุลของก๊าซ ไอน้ำ โอโซน และอนุภาคแขวนลอยต่าง ๆ ส่งผลให้ข้อมูลทางแสงถูกรบกวนด้วยการกระเจิง และการดูดกลืน ผลกระทบดังกล่าวสามารถพิจารณาได้จากค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวในบรรยากาศที่ประกอบด้วย ค่าการกระเจิงจากอนุภาคละอองลอย (Aerosol scattering) ค่าการกระเจิงแบบเรย์ลีห์ (Rayleigh scattering) และค่าการดูดกลืนแสงเนื่องจากโอโซน (Absorption by ozone) (Hayes & Latham, 1975; Stalin et al., 2008) จากผลการศึกษาของ Hayes และ Latham พบว่าค่าการกระเจิงของแสงแบบเรย์ลีห์เนื่องจากโมเลกุลของก๊าซในบรรยากาศ และค่าการดูดกลืนแสงเนื่องจากโอโซนในบรรยากาศที่ช่วงความยาวคลื่น 330-10,800 นาโนเมตร มีค่าสอดคล้องตามสมการที่ใช้คำนวณเชิงทฤษฎี แต่หากอนุภาคละอองลอยในอากาศมีมากกว่าค่าเฉลี่ยโดยทั่วไปตามสมการ (2) อาจส่งผลให้ค่าการกระเจิงจากอนุภาคละอองลอยในบรรยากาศไม่เป็นไปตามสมการ ด้วยเหตุผลดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาการลดลงของแสงดาวเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลก และเพื่อนำมาเขียนสมการหาค่าการกระเจิงจากอนุภาคละอองลอยในบรรยากาศ ณ อุทยานดาราศาสตร์สิรินธร ที่ตั้งอยู่ใกล้เชิงดอยสุเทพ-ปุย ในเขตพื้นราบใกล้เมืองที่มีประชากรอาศัยอยู่ ในช่วงที่มีการเกิดปัญหาฝุ่นควันจากอนุภาคละอองลอยในบรรยากาศค่อนข้างสูงของช่วงเดือนมกราคม ถึง เดือนเมษายน

การลดลงของแสงดาวพิจารณาได้จากค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาว เนื่องจากผลของบรรยากาศของโลก ในทางปฏิบัติแล้วเราสามารถวัดโชติมาตรปรากฏโดยใช้กล้องโทรทรรศน์ โดยพบว่าค่าโชติมาตรที่วัดได้บนพื้นโลกจะมีค่าโชติมาตรปรากฏน้อยกว่าความเป็นจริง ทั้งนี้เนื่องจากค่ามวลอากาศที่ตำแหน่งของดาวเปลี่ยนไปจะส่งผลต่อโชติมาตรปรากฏด้วยเช่นกัน โดยจะมีค่าน้อยที่สุดเมื่อดาวอยู่ที่ตำแหน่งเซนิท (Zenith) คือมีค่าเท่ากับ 1 และจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเซนิทที่เพิ่มขึ้น อาทิเช่น ดาวอยู่ที่ระนาบขอบฟ้า (ระยะเซนิทมาก) จะมีค่ามวลอากาศมากที่สุดด้วยเช่นกัน ความสัมพันธ์ระหว่างมวลอากาศกับระยะเซนิท มีความสัมพันธ์ตามทฤษฎีของ Bouguer (Hu, 2011) โดยที่ค่าโชติมาตรที่วัดจากเครื่องมือ และค่ามวลอากาศมีความสัมพันธ์กันตามสมการเชิงเส้นดังต่อไปนี้

$$m = m_o + (K'_m)\, M(z) \qquad (1)$$

เมื่อ m_o คือค่าโชติมาตรปรากฏ (Apparent Magnitude) ของดาวนอกชั้นบรรยากาศโลกที่ความยาวคลื่นใด ๆ เมื่อ m ค่าโชติมาตรปรากฏของแสงดาวในชั้นบรรยากาศโลกที่ความยาวคลื่นใด ๆ หรือค่าโชติมาตรปรากฏที่วัดโดยเครื่องมือ (Instrumental Magnitude) และ K'_m คือ สัมประสิทธิ์การลดของแสงดาวเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลกลำดับที่หนึ่ง (First - Order Extinction Coefficient) ซึ่งอยู่ในหน่วยของค่าโชติมาตรปรากฏต่อมวลอากาศ และ M (z) คือ มวลอากาศ (Airmass)

ยังมีวิธีหาค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลกซึ่งหาค่าได้จากผลรวมสมการของการกระเจิงจากอนุภาคละอองลอย การกระเจิงแบบเรย์ลีห์เนื่องจากโมเลกุลของก๊าซ และการดูดกลืนแสงเนื่องจากโอโซน (Hayes & Latham, 1975) เพื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากสมการ (1) ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลก ณ อุทยานดาราศาสตร์สิรินธร

2. เปรียบเทียบค่าการกระเจิงจากอนุภาคละอองลอยในบรรยากาศของโลกที่ได้จากการคำนวณและการใช้เครื่องมือวัด

3. สร้างสมการการกระเจิงของแสงดาวเนื่องจากอนุภาคละอองลอยในบรรยากาศของโลก ณ อุทยานดาราศาสตร์สิรินธร

วิธีดำเนินการวิจัย

นักวิจัยได้ศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลกโดยใช้กล้องโทรทรรศน์เป็นการศึกษาหลัก และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงโดยใช้สมการของ Hayes เพื่อเปรียบเทียบ โดยผลที่ได้ทั้งสองวิธีนี้จะถูกนำไปสร้างสมการการกระเจิงจากอนุภาคละอองลอยในบรรยากาศต่อไป สำหรับการถ่ายถาพดาวนั้นใช้ซีซีดีโฟโตมิเตอร์ (CCD Photometer) รุ่น CCD FLI ProLine KAF-16803 ความละเอียด 4096 x 4096 พิกเซล ที่มีขนาดของพิกเซลเท่ากับ 9 ไมโครเมตร ติดตั้งร่วมกับกล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสงแบบริชชี-เครเทียน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เมตร อัตราส่วนโฟกัส f/6.5 ความยาวโฟกัส 4540 มิลลิเมตร และบันทึกภาพด้วยแผ่นกรองแสง B V R และ I มีความยาวคลื่นเท่ากับ 440 550 700 และ 880 นาโนเมตร ตามลำดับ ถ่ายภาพและประมวลผลภาพด้วยซอฟต์แวร์ MaxIm DL Pro ทำการศึกษา ณ หอดูดาวอุทยานดาราศาสตร์สิรินธร ต.ดอนแก้ว อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่ โดยมีความสูงเหนือระดับน้ำทะเล 332 เมตร ตำแหน่งที่ตั้งละติจูด 18.85 องศาเหนือ และลองจิจูด98.95 องศาตะวันออก มีการดำเนินการวิจัยเพื่อพิจารณาผลดังต่อไปนี้

1. ค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลกอันดับที่หนึ่ง (K'_m) จากกล้องโทรทรรศน์

งานวิจัยนี้เลือกใช้ดาวจำนวน 15 ดวง จาก 3 กลุ่ม คือ RU149 RU152 และ SA98 แสดงค่าตำแหน่งและความสว่างของดาวในตารางที่ 1 ถ่ายภาพดาวที่ระดับมุมเงยมากกว่า 30 องศาจากขอบฟ้า ผ่านแผ่นกรองแสง B V R และ I จำนวน 5 คืน ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 ที่มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กมากในภาคเหนือของประเทศไทย วิเคราะห์ภาพถ่ายด้วยโปรแกรม MaxIm DL Pro 6 จะได้ค่าวันจูเลียนและค่าโชติมาตรของดาวในแต่ละแผ่นกรองแสง นำค่าวันที่ได้นั้นไปหาค่ามวลอากาศของดาวทุกดวงในแต่ละแผ่นกรองแสง วิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวในบรรยากาศ K'_m ของแต่ละแผ่นกรองแสงจากสมการ (1) ขั้นตอนการดำเนินการวิเคราะห์ค่า K'_m นี้ดูเพิ่มเติมเอกสารอ้างอิง (Skinakas Observatory, 2020)

ตารางที่ 1 แสดงตำแหน่งและดัชนีสีของดาวมาตรฐาน 15 ดวง (Landolt, 2009)

ชื่อ	ตำแหน่งดาว		ดัชนีสี (Color Index)				
	RA (h m s)	DEC (° ′ ″)	v	b-v	u-b	v-r	r-i
RU 149	07 24 14.372	-00 33 04.17	13.866	-0.129	0.779	-0.040	-0.068
RU 149A	07 24 13.216	-00 32 53.11	14.495	0.298	0.118	0.196	0.196
RU 149C	07 24 17.312	-00 32 25.78	14.425	0.195	0.141	0.093	0.127
RU 149E	07 24 18.409	-00 31 18.58	13.718	0.522	0.007	0.321	0.314
RU 149F	07 24 14.077	-00 31 38.69	13.471	1.115	1.025	0.594	0.538
RU 152	07 29 58.476	-02 06 37.59	13.017	-0.187	-1.081	-0.059	-0.088
RU 152A	07 30 00.483	-02 06 22.67	14.341	0.543	-0.085	0.325	0.329
RU 152C	07 30 02.570	-02 05 39.30	12.222	0.573	-0.013	0.342	0.340
RU 152D	07 30 06.076	-02 04 37.51	11.076	0.875	0.491	0.473	0.449
RU 152E	07 29 54.256	-02 05 30.83	12.362	0.042	-0.086	0.030	0.034
SA98 650	06 52 04.528	-00 19 38.29	12.271	0.157	0.110	0.080	0.086
SA98 666	06 52 09.945	-00 23 32.01	12.732	0.164	-0.004	0.091	0.108
SA98 670	06 52 11.514	-00 19 16.37	11.930	1.357	1.325	0.727	0.654
SA98 685	06 52 18.468	-00 20 19.51	11.954	0.463	0.096	0.290	0.280
SA98 688	06 52 18.874	-00 23 32.82	12.754	0.293	0.245	0.158	0.180

2. ค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลกจากการคำนวณ

คำนวณค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลกทั้งหมดประกอบด้วย ค่าการกระเจิงจากอนุภาคละอองลอย (K_{aer}) ค่าการกระเจิงแบบเรย์ลีห์จากโมเลกุลของก๊าซ (K_{ray}) และค่าการดูดกลืนแสงเนื่องจากโอโซน (K_{oz}) (Hayes & Latham, 1975; Stalin et al., 2008) ดังสมการ (2) – (4) ดังนี้

$$K_{aer}(\lambda,h) = A_0\lambda^{-\alpha}e^{(-h/H)} \quad (2)$$

โดยที่ค่า H = 1.5 กิโลเมตร $A_{\circ}$= 0.087 และ α = 0.8 และ λ คือความยาวคลื่นในหน่วยไมโครเมตร และ h คือความสูงของหอดูดาวเหนือระดับน้ำทะเล ดังนั้นที่หอดูดาวอุทยานดาราศาสตร์สิรินธรที่มีค่า h เท่ากับ 0.332 กิโลเมตร ทำให้เขียนสมการ (2) ได้ว่า $K_{aer}(\lambda,h) = 0.07\lambda^{-0.8}$

$$K_{ray}(\lambda,h) = 9.4977\times10^{-3}\left(\frac{1}{\lambda}\right)^4 C_{ray}{}^2 e^{(-h/7.996)} \quad (3)$$

โดยที่

$$C_{ray} = 0.23465+\left[\frac{1.076\times10^2}{146-(1/\lambda)^2}\right]+\left[\frac{0.93161}{41-(1/\lambda)^2}\right]$$

$$K_{oz}(\lambda) = 0.27775C_{oz}(\lambda) \quad (4)$$

โดยที่

$$C_{oz}(\lambda) = 3025e^{-131(\lambda-0.26)}+0.1375e^{-188(\lambda-0.59)^2}$$

ค่าสัมประสิทธิ์ค่าการดูดกลืนแสงเนื่องจากโอโซน และค่าการกระเจิงแบบเรย์ลีห์จากโมเลกุลของก๊าซเป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับความยาวคลื่นที่ใช้วัดและความสูงของตำแหน่งที่ทำการวัด ดังแสดงในสมการ (3) และ (4) แต่สำหรับค่าการกระเจิงจากอนุภาคละอองลอยในสมการ (2) มีค่าเปลี่ยนแปลงตามสภาพของอากาศที่มีอนุภาคฝุ่น อนุภาคเกลือ และมลพิษที่มนุษย์สร้างขึ้น เป็นต้น ค่านี้จึงหาได้ใหม่จากสมการ (5) ของทุกแผ่นกรองแสง U B V R และ I

$$K_{aer}(\lambda,h) = K_{\text{กล้อง}}(\lambda)-K_{ray}(\lambda,h)-K_{oz}(\lambda) \quad (5)$$

นำผลที่ได้ไปวิเคราะห์สมการเชิงเส้น ด้วยความสัมพันธ์ของค่าลอการิทึมกับความยาวคลื่น เพื่อจัดให้อยู่ในรูปเลขชี้กำลัง ดังสมการ

$$K_{aer}(\lambda,h) = \beta\lambda^{-\alpha} \quad (6)$$

เมื่อ β และ α เป็นค่าคงที่ของสมการ โดยค่า β เป็นฟังก์ชันของความสูงมีค่าเท่ากับ $A_0e^{(-h/H)}$

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลกอันดับที่หนึ่ง (K_m')

สัมประสิทธิ์การลดลงของแสงเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลกอันดับที่หนึ่ง เมื่อวิเคราะห์ค่าสมการถดถอย จากความสัมพันธ์ของค่ามวลอากาศกับค่าโชติมาตรจากกล้องโทรทรรศน์ (m) ของแผ่นกรองแสง B V R และI ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจากบรรยากาศของโลกลำดับที่หนึ่งของแผ่นกรองแสง U B V R และ I

วัน/เดือน/ปี	B (0.440 μm)	V (0.550 μm)	R (0.700μm)	I (0.880 μm)
15/02/2563	1.041 ± 0.027	0.716 ± 0.021	0.544 ± 0.015	0.375 ± 0.018
16/02/2563	1.110 ± 0.029	0.801 ± 0.022	0.642 ± 0.019	0.439 ± 0.017
21/02/2563	1.122 ± 0.048	0.809 ± 0.036	0.591 ± 0.027	0.388 ± 0.023
22/02/2563	1.140 ± 0.027	0.805 ± 0.014	0.610 ± 0.013	0.413 ± 0.009
23/02/2563	1.360 ± 0.028	0.983 ± 0.017	0.739 ± 0.013	0.504 ± 0.011
ค่าเฉลี่ย $K_{กล้อง}$	1.155 ± 0.121	0.823 ± 0.096	0.625 ± 0.073	0.424 ± 0.051

โดยจะเห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์การลดของแสงดาวเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลกลำดับที่หนึ่งของแผ่นกรองแสง B V R และI เฉลี่ยเท่ากับ 1.155 ± 0.121, 0.823 ± 0.096, 0.625 ± 0.073 และ 0.424 ± 0.051 ตามลำดับ จะมีค่าแปรผกผันกับความยาวคลื่นของแผ่นกรองที่ใช้ หรือลดลงตามความยาวคลื่นที่เพิ่มขึ้นนั่นเอง

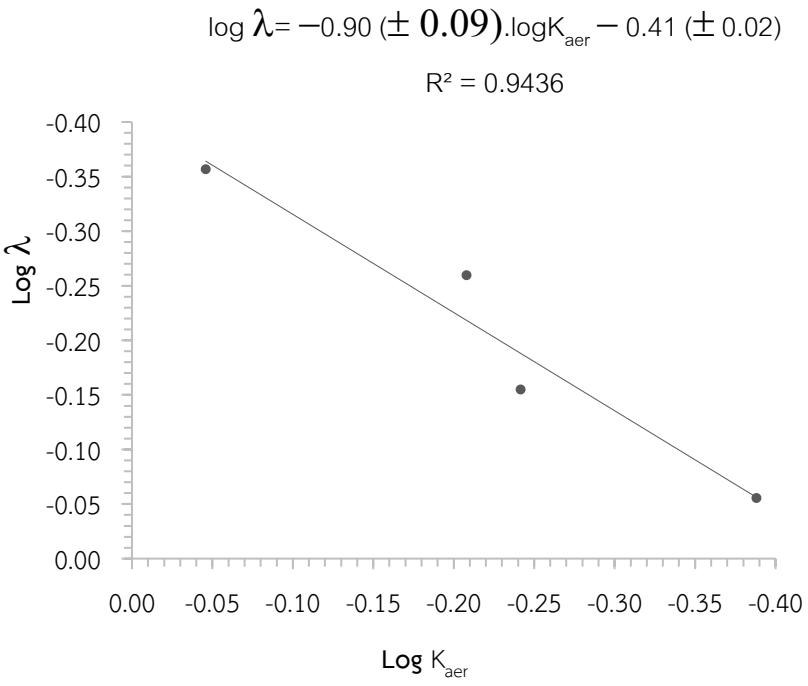
2. ค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลกจากการคำนวณ

ผลลัพธ์ค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลกจากปัจจัยต่าง ๆ ทางบรรยากาศได้ถูกคำนวณด้วยสมการ (2) (3) และ (4) ดังแสดงในตารางที่ 3 และค่าสัมประสิทธิ์การลดลงเนื่องจากอนุภาคละอองลอยในบรรยากาศซึ่งคำนวณจากผลลัพธ์ที่ได้จากการวัดจริงด้วยกล้องโทรทรรศน์, $K_{กล้อง}$ ได้นำมาคำนวณด้วยสมการ (5) เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจากอนุภาคละอองลอยในบรรยากาศจริงในขณะนั้น โดยพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การลดลงเนื่องจากละอองลอยจากการวัดได้มีค่ามากกว่าการคำนวณด้วยสมการอยู่ประมาณ 5.91 เท่า (เฉลี่ยจากทุกความยาวคลื่นที่แสดงในคอลัมน์สุดท้ายของตารางที่ 3) และมากกว่าค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวจากการกระเจิงแบบเรย์ลีห์และค่าจากการดูดกลืนแสงเนื่องจากโอโซน ในทุกค่าความยาวคลื่น

ตารางที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลกจากปัจจัยต่าง ๆ ที่ได้จากการคำนวณ (ด้วยสมการ) และกล้องโทรทรรศน์

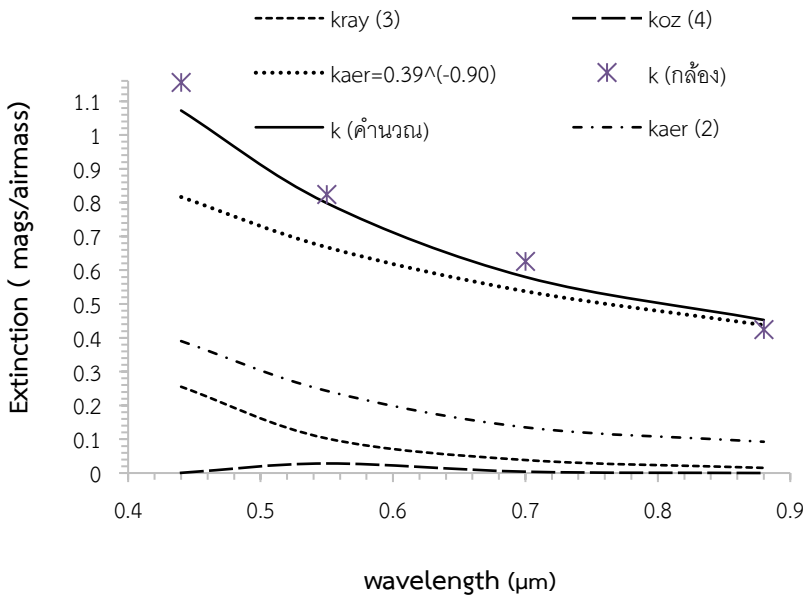
λ (μm)	**การวัด**	**การคำนวณ**				$\frac{K_{aer}^{(5)}}{K_{aer}^{(2)}}$
	$K_{\text{กล้อง}}$	$K_{aer}^{(2)}$	$K_{ray}^{(3)}$	$K_{oz}^{(4)}$	$K_{aer}^{(5)}$	
0.440 (B)	1.1550	0.1345	0.2552	0.0020	0.8978	6.6750
0.550 (V)	0.8235	0.1125	0.1023	0.1018	0.6194	5.5058
0.700 (R)	0.6258	0.0928	0.0384	0.0141	0.5733	6.1778
0.880 (I)	0.4243	0.0772	0.0152	1.870E-08	0.4091	5.2992
ค่าเฉลี่ย $K_{aer}^{(5)} / K_{aer}^{(2)}$						5.9145 ± 0.55

เมื่อนำผลที่ได้จากสมการ (5) ไปวิเคราะห์ค่าละลองลอยในบรรยากาศเพื่อหาสมการเชิงเส้นดังแสดงในรูปที่ 1 และแปลงค่าที่ได้ให้อยู่ในรูปแบบของสมการการกระเจิงจากอนุภาคละอองลอยของแสงในบรรยากาศดังสมการ (6) ทำให้ได้สมการคือ $K_{aer}(\lambda,h) = 0.39\ (\pm 0.02)\lambda^{-0.90\ (\pm 0.09)}$ โดยค่าคงที่ของตัวคูณต่างจากสมการทั่วไปในสมการ (2) $K_{aer}(\lambda,h) = 0.07\lambda^{-0.8}$ อยู่ประมาณ 5.57 เท่า ใกล้เคียงกับค่าความต่างของค่าเฉลี่ยที่คำนวณได้ดังแสดงในข้างต้น



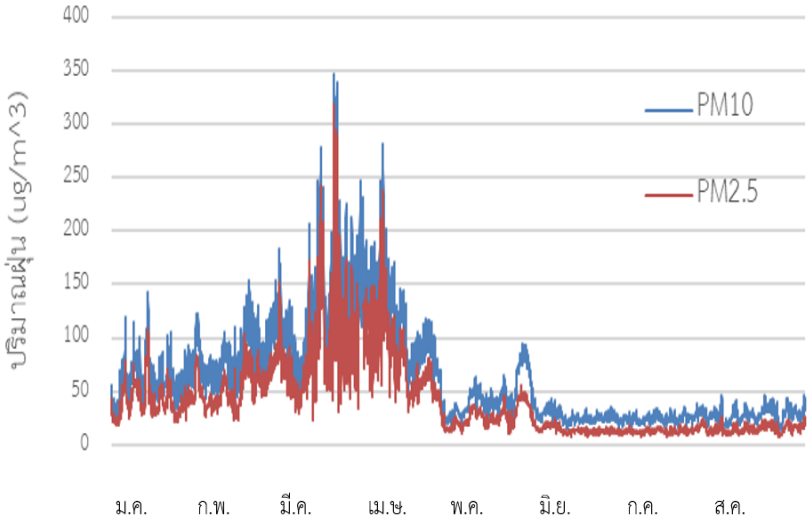
รูปที่ 1 สมการเชิงเส้นของการกระเจิงจากอนุภาคละอองลอยของแสงในบรรยากาศ

เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของสมการ $K_{aer}(\lambda,h)$ ที่ได้ เราสามารถแทนค่าความยาวคลื่นในสมการ $K_{aer}(\lambda,h) = 0.39\ (\pm 0.02)\lambda^{-0.90\ (\pm 0.09)}$ ซึ่งจะนำค่าที่ได้มารวมกับค่า K_{ray} และ K_{oz} ของแต่ละแผ่นกรองแสง B V R และ I ผลลัพธ์ใหม่คือค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงเนื่องจากบรรยากาศโลก ดังแสดงในเส้นทึบ $K_{(คำนวณ)}$ ในกราฟรูปที่ 2 โดยพบว่ามีแนวโน้มเดียวกันกับผลการวัดของกล้องโทรทรรศน์ $K_{(กล้อง)}$



รูปที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลกที่ได้จากการคำนวณเชิงทฤษฎีและจากกล้องโทรทรรศน์

จากสมการ $K_{aer}(\lambda,h) = 0.39\ (\pm 0.02)\lambda^{-0.90\ (\pm 0.09)}$ ที่ได้แสดงว่ากระเจิงของแสงจากอนุภาคละอองลอยในบรรยากาศของโลก ณ หอดูดาวอุทยานดาราศาสตร์สิรินธร มีค่ามากกว่าสมการที่ใช้พิจารณาอนุภาคละอองลอยโดยทั่วไปสมการ (2) ทั้งนี้เพราะในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ในภาคเหนือของประเทศไทยมีการเผาไหม้ทางชีวมวลที่มีอยู่มาก ดังกราฟแสดงปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กในปี พ.ศ. 2563 แสดงในรูปที่ 3 ที่ตรวจวัดได้จากศูนย์ราชการจังหวัดเชียงใหม่ที่อยู่ห่างจากหอดูดาวสิรินธรประมาณ 2.5 กิโลเมตร ที่พบว่าปริมาณฝุ่นมีค่ามากตั้งแต่กลางเดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม โดยค่าฝุ่น PM10 เฉลี่ยตั้งแต่วันที่ 15 - 23 เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 ในช่วงเดียวกับที่ทำวิจัยนี้ พบว่ามีค่าเท่ากับ 92 $\mu g/m^3$ และ ค่าฝุ่นละออง PM2.5 วัดได้เฉลี่ย 62 $\mu g/m^3$ มากกว่าค่ามาตรฐานของ WHO ที่กำหนดไว้ 50 $\mu g/m^3$ และ 25 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ ตรงกับผลของสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจากอนุภาคละอองลอยที่วัดได้จากงานวิจัยนี้มีค่ามากกว่าการคำนวณด้วยสมการปกติ



รูปที่ 3 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก วัดจากศูนย์ราชการจังหวัดเชียงใหม่ ม.ค. - ส.ค. 2563

สรุปผลการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลกที่เกิดจากการกระเจิงโดยอนุภาคละอองลอย ค่าการดูดกลืนแสงเนื่องจากโอโซน และการกระเจิงแบบเรย์ลีห์ ณ หอดูดาว อุทยานดาราศาสตร์สิรินธร ด้วยกล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสงขนาด 0.7 เมตร ด้วยแผ่นกรองแสงในช่วงความยาวคลื่น U B V R และ I พบว่าที่ค่า สัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวมีค่าในระดับที่สูงมากเนื่องจากหอดูดาวตั้งอยู่ในระดับที่ต่ำ ประกอบกับค่ากการกระเจิงแสงของอนุภาคละอองลอยที่มาก ทั้งนี้สามารถวิเคราะห์ค่าการกระเจิงจากอนุภาคละอองลอยของแสงในบรรยากาศของโลกในรูปแบบสมการ $K_{aer}(\lambda,h) = 0.39\ (\pm 0.02)\lambda^{-0.90\ (\pm 0.09)}$ และผลวิจัยที่ได้เหล่านี้สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานของหอดูดาวเพื่อกำหนดความเหมาะสมของอุปกรณ์การถ่ายภาพทางดาราศาสตร์ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ทีมวิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) สำหรับการสนับสนุนทุนการวิจัยและเจ้าหน้าที่ในการดำเนินการวิจัย ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางที่สนับสนุนและส่งเสริมการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Landolt, A. U. (2008). “UBVRI Photometric Standard Stars Around the Celestial Equator: Updates and Additions”, **Astronomical Journal**. 2009 (137), 4186-4262, doi.org/10.1088/0004-6256/137/5/4186.

Skinakas Observatory. (2020). “Project 2 CCD Photometry”. July 1, 2020, from http : // skinakas2. physics.uoc. gr / en / outreach / projects / CCD_ Photometry_project2 / P2_CCD_PHOTOMETRY. Pdf.

Hu, B. (2010). “Preliminary Results of Atmospheric Extinction Coefficient Measurements at Gaomeigu Observational Station”. **Chinese Astronomy and Astrophysics**. 2011 (35), 199-208.

Stalin, C. S., Hegde, M., Sahu, D. K., Parihar, P. S., Anupama, G. C., Bhatt, B. C., & Prabhu, T. P. P. (2008). “Night Sky at the Indian Astronomical Observatory During 2000-2008”. **Bulletin of the Astronomical Society of India**. 2008 (36), 111-127.

Hayes, D. S. & Latham, D. W. (1974) “Rediscussion of the Atmospheric Extinction and the Absolute Spectral-Energy Distribution of VEGA”. **Astrophysical Journal**. 1975 (197), 593-601.

Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Vol. 4 No. 1 ISSN 2673-0480 (Online)

Received: 15 November 2021
Revised: 3 December 2021
Accepted: 18 December 2021

การวิเคราะห์เวลาที่แสงน้อยที่สุดของระบบดาวคู่ CR Scl
Time of Minimum Light Analysis of a Binary System CR Scl

ซูรีนา สาแม[1] อาบรอร์ สะมะแอ[1] อาดีละฮ์ เทษา[1] นูรมา ดาลี[1] และ สมกรณ์ ชัยวรากรณ์[1]
Sureena Samea[1] Abror Samaae[1] Adilah Tesa[1] Nurma Dalee [1]
and Sommkorn Chaiwarakorn[1]
[1] คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
* Sund9873@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์เวลาที่แสงน้อยที่สุดของระบบดาวคู่ CR Scl จากภาพด้วยกล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เมตร เชื่อมต่อกับ CCD ผ่านแผ่นกรองแสงสีน้ำเงิน(B) และสีเหลือง(V) ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา สงขลา ในวันที่ 25 สิงหาคม 2563 โดย CR Scl เป็นระบบดาวคู่อุปราคาที่มีคาบการโคจร 0.246537 และใช้โปรแกรม AstroImageJ ในการรีดักชั่นภาพด้วยเทคนิคโฟโตเมตรี (Photometry) ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B) และสีเหลือง (V) และนำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟแสงเพื่อหาค่าช่วงเวลาที่แสงน้อยที่สุด ซึ่งจากงานวิจัยในครั้งนี้พบค่าเฉลี่ยช่วงเวลาที่แสงอุปราคาทุติยภูมิน้อยที่สุดมีค่าเป็น 2459087.184 และจากลักษณะของกราฟแสงทำให้ทราบว่าระบบดาวคู่ CR Scl เป็นระบบดาวคู่ประเภท ดับเบิลยูเออร์ซาเมเจอริส (W Ursae Majoris)

คำสำคัญ: ระบบดาวคู่อุปราคา, เวลาแสงน้อยที่สุด, ระบบดาวคู่ CR Scl

Abstract

The purpose of this research was to analyse the light curves of a binary system CR Scl. CR Scl has an orbital period of 0.246537 days. Observations were done at Regional Observatory for the Public, Songkhla using a 0.7 - meter reflecting telescope mounted with CCD photometric system in B and V bands. AstroimageJ Program was used for image reduction. The data obtained were used to construct light curves and to compute times of light minima. The average values obtained for secondary eclipse is 2459087.184. The observational light curves obtained in this study show that CR Scl binary system is a W Ursae Majoris type.

Keyword: eclipsing binary system, times of light minima, CR Scl binary system.

บทนำ

ระบบดาวคู่ เป็นระบบดาวคู่ที่ประกอบด้วยสมาชิกสองดวง โคจรรอบจุดศูนย์กลางของมวลร่วมกัน และอยู่ภายใต้แรงโน้มถ่วงซึ่งกันและกันในบรรดาดาวฤกษ์ทั้งหมดพบว่า มากกว่าครึ่งหนึ่งจัดเป็นระบบดาวคู่ มีการจัดจำแนกระบบดาวคู่ตามสมบัติทางกายภาพทั่วไป โดยการสังเกต และตรวจวัด ซึ่งข้อมูลที่ได้สามารถนำมาสร้างกราฟแสง (Light Curve) ทำให้นักดาราศาสตร์สามารถวิเคราะห์วงโคจร และองค์ประกอบทางกายภาพของระบบดาวคู่ที่นำมาเป็นหลักฐานในการศึกษาวิวัฒนาการของการเปลี่ยนแปลงในระบบดาวคู่ได้ (บุญรักษา สุนทรธรรม, 2550:328)

ระบบดาวคู่อุปราคาประเภท W Uma สามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ชนิด คือ ชนิด A (A-Subtype) และชนิด W (W-Subtype) โดยชนิด A นั้นสมาชิกดวงที่สว่างกวาซึ่งถูกบังในช่วง เกิดอุปราคาปฐมภูมิจะมีมวลมากและขนาดใหญ่กว่าสมาชิกอีกดวง ทำให้กราฟแสงช่วงอุปราคา ทุติยภูมิมีความแบนกว่าในช่วงอุปราคาปฐมภูมิส่วนชนิด W สมาชิกดวงที่สว่างกว่าจะมีมวลน้อย และขนาดเล็กกว่าสมาชิกอีกดวง ทำใหกราฟแสงช่วงอุปราคาปฐมภมิมีความแบนมากกว่าในช่วง ทุติยภูมิ นอกจากนี้ยังพบว่า ระบบดาวคู่แบบแตะกันบางระบบอาจเปลี่ยนแปลงกลับไปกลับมา ระหว่างชนิด A ชนิด W

ระบบดาวคู่ CR Scl (ในกลุ่มดาวช่างแกะสลัก) เป็นระบบดาวคู่อุปราคาประเภท W Uma ซึ่งจัดเป็นระบบดาวคู่แบบแตะกัน มีพิกัดอยู่ที่ R.A. 0^h 44^m 30.2^s และ Dec. -36^o 6’ 29” มีคาบการโคจร 0.246537 วัน งานวิจัยครั้งนี้ศึกษาการแปรแสงของระบบดาวคู่ CR Scl โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์ ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา สงขลา ซึ่งสังเกต และเก็บข้อมูลภาพถ่ายดาวในวันที่ 25 สิงหาคม พ.ศ.2563 ผู้จัดทำวิจัยได้นำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์กราฟแสงโดยใช้วิธีโฟโตเมตรี (photometry) ด้วยโปรแกรม AstroImageJ และนำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟแสง เพื่อหาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างกราฟแสงและหาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดของดาวคู่ CR Scl
2. เพื่อเป็นฐานข้อมูลให้นักวิจัย

Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Vol. 4 No. 1 ISSN 2673-0480 (Online)

แนวคิด ทฤษฎี กรอบแนวคิด

ระบบดาวคู่

ระบบดาวคู่แบบแตะกัน (contact binary star system) ประกอบด้วยสมาชิก 2 ดวงที่อยู่ร่วมกันในผิววิกฤติตามแบบจำลองของโรชช์ (Roche Model) โดยมีเนื้อสารบางส่วน ขยายเกินผิววิกฤตินั้น บรรยากาศภายนอกจึงเชื่อมต่อกันเหมือนดัมเบลล์ แต่ละดวงมีรูปร่างรีอันเนื่องมาจากแรงไทดัล (tidal force) บริเวณชั้นบรรยากาศที่ติดกันนั้นจะมีการถ่ายเทมวลสารระหว่างกันทำให้ดาวทั้งสองมีอุณหภูมิผิวที่ใกล้เคียงกัน ระบบดาวคู่อุปราคาชนิดนี้ส่วนมากจะมีชนิดสเปกตรัมช่วงท้าย (Late Type Spectral) ในช่วง F ถึง K และอัตราส่วนมวลของดาวทุติยภูมิ (q) อยู่ระหว่าง 0.2-0.5 (วัชราวุฒิ หน่อแก้ว, 2548)

โชติมาตร

โชติมาตรโดยทั่วไป คือ โชติมาตรปรากฏ (Apparent magnitude) ซึ่งเป็นการแสดงอันดับความสว่างซึ่งสังเกตการณ์จากโลก หากต้องการศึกษาพลังงานที่แท้จริงของดาวแต่ละดวง จะพิจารณาค่า "โชติมาตรสัมบูรณ์" (Absolute Magnitude)” กรณีนี้ พิจารณาเปรียบเทียบโชติมาตรปรากฏของดาว ตามสมการ

$$m2 - m1 = 2.5 \log (b1/b2) \qquad (1)$$

โดยที่

m1, m2 = โชติมาตรปรากฏของดาวดวงที่ 1 และดวงที่ 2

b1, b2 = ความสว่างปรากฏของดาวดวงที่ 1 และดวงที่ 2

การวิเคราะห์กราฟแสงของระบบดาวคู่อุปราคา

กราฟแสง (Light curve) คือ ข้อมูลทางเวลาที่บันทึกการลดลงของแสง ข้อมูลดังกล่าวสามารถบ่งบอกวิวัฒนาการของดาวแปรแสงว่า จะมีโครงสร้าง และแนวโน้มเมื่อเวลาต่าง ๆ ได้ ในการวิเคราะห์กราฟแสงของระบบดาวคู่อุปราคาสิ่งที่นักดาราศาสตร์สนใจคือ ช่วงระยะห่างของเวลาที่เกิดอุปราคา ถ้าต้องการหาช่วงระยะห่างของการเกิดอุปราคาของระบบดาวคู่ชนิดหนึ่งตั้งแต่เวลา 22.30 น. ของวันที่ 12 สิงหาคม พ.ศ.2556 กับเวลา 04.00 น. ของวันที่ 13 สิงหาคมพ.ศ. 2556 การหาระยะห่างดังกล่าวจึงเป็นเรื่องซับซ้อน นักดาราศาสตร์จึงนิยามเวลาขึ้นมาใหม่ เรียกว่า ระบบวันจูเลียน (Julian Date System)

วันจูเลียน (Julian Date: JD) คือวันที่เริ่มนับตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 4713 ปีก่อนคริสตกาล มีหน่วยเป็น วัน และสามารถเขียนอยู่ในรูปทศนิยมได้ เช่น 07.00 น. (เวลาสากล) ของวันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2557 จะตรงกับ JD = 2456705.79167 อย่างไรดีการนิยามเวลาในการสังเกตการณ์นอกระบบสุริยะอาจเกิดความสับสนที่เกิดจากตำแหน่งของผู้สังเกต จึงได้มีการพัฒนาระบบเวลาที่เรียกว่า วันจูเลียนสุริยะ

(Heliocentric Julian Date : HJD) คือ เวลา JD ที่สมมติผู้สังเกตอยู่ที่ศูนย์กลางของระบบสุริยะ หรือดวงอาทิตย์ โดยมีความสัมพันธ์ตามสมการ

$$HJD = JD+\Delta t \quad (2)$$

วิธีดำเนินการ

งานวิจัยดาวคู่ CR Scl เป็นการศึกษาระบบดาวคู่อุปราคาประเภท W Uma มีพิกัดอยู่ที่ R.A. 0^h 44^m 30.2^s และ Dec. -36^o 6’ 29” มีคาบการโคจร 0.246537 วัน การศึกษาครั้งนี้เก็บข้อมูลภาพถ่ายดาวคู่ CR Scl ในวันที่ 25 สิงหาคม พ.ศ.2563 แล้วนำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟแสงเพื่อหาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. ขั้นตอนการ Reduction ภาพโดยใช้โปรแกรม AstroimageJ เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวนที่ได้มาจากระบบอิเล็กทรอนิกส์โดยจะลดสัญญาณรบกวน สัญญาณภาพ ดังนี้

- bias frames สัญญาณรบกวนที่ได้จากระบบอิเล็กทรอนิกส์ของอุปกรณ์
- dark frames สัญญาณรบกวนที่ได้จากอุณหภูมิ และเวลาในขณะถ่ายภาพ
- flat frames สัญญาณรบกวนที่ได้จากฝุ่นที่เกาะอยู่บนเลนส์หรือเกิดจากระบบทัศนูปกรณ์

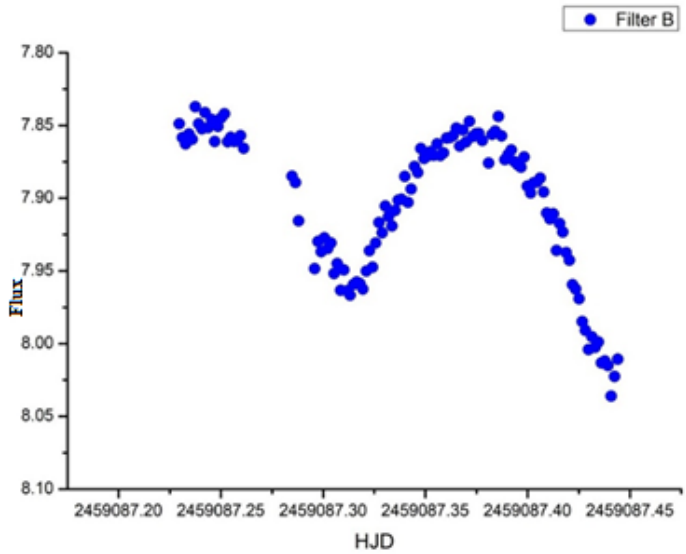
2. ขั้นตอนการทำโฟโตเมตรี เพื่อทำการวัดแสงของดาวโดยงานวิจัยนี้จะใช้โปรแกรม AstroimageJ ในการวัดแสง

3. นำค่าที่ได้จากการวัดแสง มาหาค่าโชติมาตรปรากฏ และค่า HJD แล้วนำมาสร้างกราฟแสง

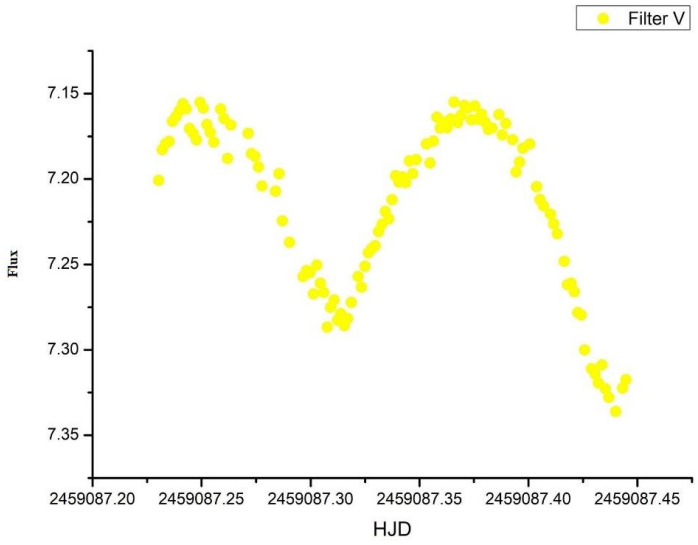
4. นำกราฟแสงมาคำนวณหาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด โดยพิจารณาค่าต่ำสุดของกราฟแสงในแต่ละช่วงความยาวคลื่น และคำนวณหาค่าต่ำสุดได้จาก สมการเส้นแนวโน้มโพลิโนเมียลลำดับ 2 ในโปรแกรม Origin 8.5 และนำมาสร้างกราฟค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด

ผลการวิจัย

ข้อมูลจากการสังเกตการณ์ของระบบดาวคู่ CR Scl ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B) และสีเหลือง (V) สามารถนำมาสร้างกราฟแสง ในโปรแกรม Origin 8.5 ดังภาพที่ 1 และ2



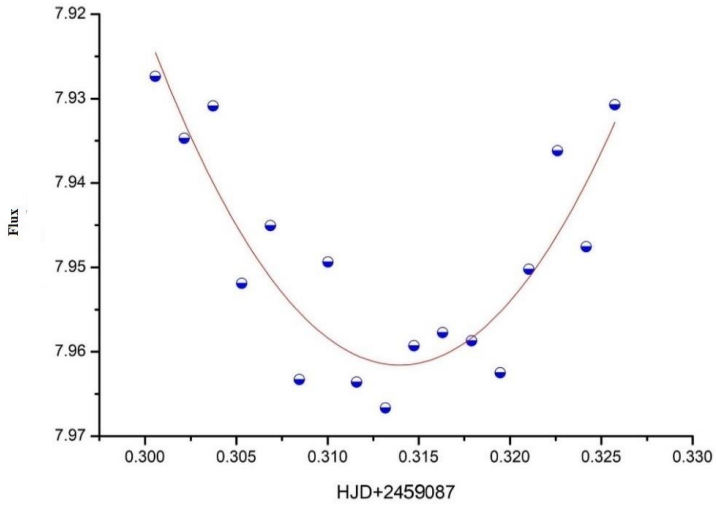
ภาพที่ 1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Magnitude กับ HJD ของดาวคู่ CR Scl ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน



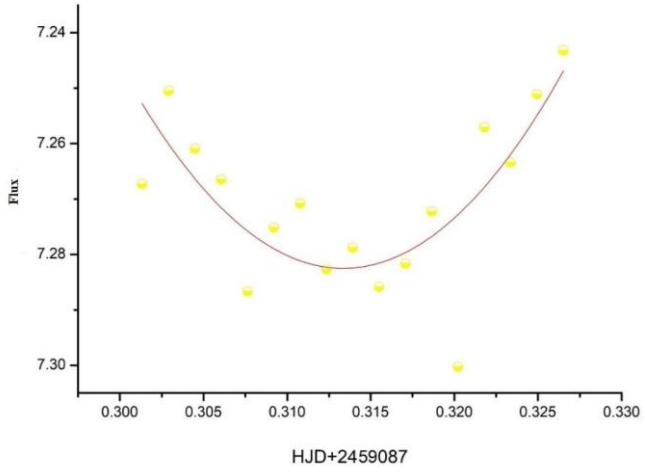
ภาพที่ 2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Flux กับ HJD ของระบบดาวคู่ CR Scl ในช่วงความยาวคลื่นสีเหลือง

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลกราฟแสง ภาพที่ 1 และ2 เป็นกราฟแสงในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน และสีเหลือง สามารถนำกราฟแสงมาคำนวณหาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด ภาพที่ 3 และ4 โดยพิจารณาค่าช่วงเวลาต่ำสุดของกราฟแสงในแต่ละช่วงความยาวคลื่น จากนั้นนำข้อมูลของช่วงความยาวคลื่นที่ต่ำสุดในแต่ละช่วงความยาว

คลื่นไปสร้างเป็นกราฟจากโปรแกรม Origin โดยสามารถคำนวณหาค่าต่ำสุดได้จากสมการเส้นแนวโน้มโพลิโนเมียลลำดับ 2



ภาพที่ 3 กราฟแสงในช่วงเวลาที่แสงน้อยที่สุดช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B)



ภาพที่ 4 กราฟแสงในช่วงเวลาที่แสงน้อยที่สุดช่วงความยาวคลื่นสีเหลือง (V)

ตารางที่ 1 ค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดที่ได้จากกราฟแสงของระบบดาวคู่ CR Scl ที่สังเกตการณ์ได้ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน และสีเหลือง

ช่วงความยาวคลื่น	ค่าช่วงเวลาที่แสงน้อยที่สุด	ชนิดอุปราคา
สีน้ำเงิน (B)	2459087.314	ทุติยภูมิ
สีเหลือง (V)	2459087.055	ทุติยภูมิ
เฉลี่ย	2459087.184	ทุติยภูมิ

อภิปรายผล

จากงานวิจัยระบบดาวคู่ CR Scl มีคาบการโคจร 0.245637 ได้ทำการศึกษากราฟแสงของระบบดาวคู่นี้ และผลที่ได้จากการศึกษานี้พบว่า ระบบดาวคู่นี้มีค่าช่วงเวลาที่แสงน้อยที่สุด Secondary Eclipse คือ 2459087.184 และจากงานวิจัยนี้ยังขาดข้อมูลในช่วงเวลาที่แสงน้อยที่สุดของ Primary Eclipse ทำให้ไม่สามารถหาสมการ linear ephemeris ได้ อีกทั้งงานวิจัยของระบบดาวคู่นี้ยังไม่มีนักวิจัยได้ศึกษามาก่อน ทำให้ทราบข้อมูลเกี่ยวกับดาวคู่นี้น้อยมาก งานวิจัยนี้จึงเป็นฐานข้อมูลให้กับผู้ที่สนใจศึกษาสมบัติทางกายภาพเกี่ยวกับระบบดาวคู่ CR Scl

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ผลของระบบดาวคู่ CR Scl ที่เก็บข้อมูล ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา สงขลา ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B) และสีเหลือง (V) เพื่อสร้างกราฟแสงและหาช่วงเวลาที่แสงน้อยที่สุด (อุปราคาทุติยภูมิ) ซึ่งจากการทำวิจัยนี้ค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงินตรงกับ HJD ที่ 2459087.314 และในความยาวคลื่นสีเหลืองตรงกับ HJD ที่ 2459087.055 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2459087.184

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ลุล่วงได้ด้วยความกรุณา และความช่วยเหลือเป็นอย่างดียิ่งจาก นายตอริก เฮ็งปิยา เจ้าหน้าที่สารสนเทศดาราศาสตร์ ที่ได้สละเวลาให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทางในการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการวิจัย ขอขอบคุณ อาจารย์เฉลิมชนม์ วรรณทอง ผู้อำนวยการหอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา สงขลา ที่ให้คำปรึกษาที่ดีรวมถึงอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือ และสถานที่เก็บข้อมูล และนายกฤษดา รุจิรานุกูล นายธราดล ชูแก้ว เจ้าหน้าที่สารสนเทศดาราศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ตรวจสอบความก้าวหน้าในการทำวิจัย รวมถึงเจ้าหน้าที่หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา สงขลา ที่คอยให้คำปรึกษาให้ความช่วยเหลือ และให้กำลังใจอย่างดียิ่ง

เอกสารอ้างอิง

ณัฐพงศ์ วิรุณพันธ์ และวรวัฒน์ พรหมเด่น. (2561). **การศึกษาสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่ ε CrA ด้วยกล้อง โทรทรรศน์ หักเหแสงขนาดเล็กร่วมกับกล้องดีเอสแอลอาร์.** วารสารวิทยาศาสตร์โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ. ปีที่ 1 (ฉบับที่ 1), 37-46.

ตอริก เฮ็งปิยา. (2557). **การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและวิวัฒนาการของระบบดาวคู่แบบแตะกัน วี 701 สโคปีไอ.** วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาฟิสิกส์. มหาวิทยาลัยทักษิณ.

บุญชู สุขอ่วม, วิจิตร ฤทธิธรรม และนงลักษณ์ จันทร์พิชัย. (2557). **การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่แบบแตะกัน พียู เวอรโก้.** การประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 2 สถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัย มหาวิทยาราชภัฏกำแพงเพชร, 500-507.

พีรพัฒน์ ช่างการ, วีรวัฒน์ ต้อไธสง, ศักดิ์ศรี ทองม่วง, รณกฤต รัตนมาลา และสมานชาญ จันทร์เอี่ยม. (2559). **การเปลี่ยนคาบวงโคจรของระบบดาวคู่อุปราคา ซีอี ลีโอนิส. การประชุมวิชาการระดับชาติ** “นเรศวรวิจัย” ครั้งที่ 12: วิจัยและนวัตกรรมกับการพัฒนาประเทศ, 189-196.

ศราวุฒิ ชูโลก. (2553). **การวิเคราะห์โครงสร้างและวิวัฒนาการของระบบดาวคู่ เอส วี ทอรี.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาฟิสิกส์. มหาวิทยาลัยทักษิณ.

อรดี พิลาโฮม, เชิดตระกูล หอมจำปา, ธีรธาร ศรีมหา และสมานชาญ จันทร์เอี่ยม. (2561). **การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ DF Hydrae.** วารสารวิทยาศาสตร์โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ. ปีที่ 1 (ฉบับที่ 1), 47-5.

Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Vol. 4 No. 1 ISSN 2673-0480 (Online)

Received: 15 November 2021
Revised: 3 December 2021
Accepted: 11 December 2021

การศึกษาหาระยะทาง อายุและอุณหภูมิของกระจุกดาวเปิด M29

Study for distance, age and the temperature of the open clusters M29

ซาฮีดา สาแม[1*] นารินี มะเด็ง[1] รุสนี มะเด็ง[1] สมกรณ์ ชัยวรากรณ์[1]
Sahida Samae[1] Narinee Madeng[1] Rusnee Madeng[1] and Sommkorn Chaiwarakorn[1]
[1] คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
[*] Sund9873@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อคำนวณหาระยะทาง อายุและอุณหภูมิของกระจุกดาวเปิด M29 ได้ทำการเก็บข้อมูล ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา ฉะเชิงเทรา โดยทำการถ่ายภาพด้วยกล้องซีซีดีโมโตมิเตอร์ที่ต่อเข้ากับกล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เมตร ผ่านแผ่นกรองแสงสีน้ำเงิน (B) และสีเหลือง (V) ผลที่ได้จากการคำนวณพบว่ากระจุกดาวเปิด M29 มีระยะทาง 325.087297 พาร์เซก มีอายุ 4.3 พันล้านปี และมีอุณหภูมิประมาณ7,300 เคลวิน จากข้อมูลการศึกษาระยะทาง อายุและอุณหภูมิของกระจุกดาวเปิด M29 ทำให้สามารถทราบถึงวิวัฒนาการของกระจุกดาว

คำสำคัญ: กระจุกดาวเปิด M29, ระยะทาง, อายุ, อุณหภูมิ

Abstract This research aims to study the distance, age and the temperature of the open clusters M29. The data was collected at the Observatory in honor of the 7 celebrations of Chachoengsao. via CCD photometer in B and V filters connected to a 0.7 m reflecting telescope. The results of the calculations revealed that the M29 open clusters have distance 325.087297 pc age 4.3 Billion and temperature 7,300 Kelvin and from the distance age and the temperature of the star cluster M29 can learn about the evolution of star clusters.

Keywords: Open ClustersM29, Distance, Age, Temperature

บทนำ

ดาวฤกษ์เป็นวัตถุท้องฟ้าที่เป็นก้อนพลาสมาสว่างขนาดใหญ่ที่คงอยู่ได้ด้วยแรงโน้มถ่วง ดาวฤกษ์ที่อยู่ใกล้โลกมากที่สุด คือ ดวงอาทิตย์ ซึ่งเป็นพลังงานหลักของโลก และสามารถมองเห็นดาวฤกษ์อื่นๆได้บนท้องฟ้ายามราตรี ดาวฤกษ์ที่อาศัยอยู่ร่วมกันเรียกว่า กระจุกดาว ซึ่งกระจุกดาวเป็นแหล่งรวมของดาวฤกษ์จำนวนมากอยู่ใกล้กัน กระจุกดาวบางกลุ่มจะมีดาวกระจัดกระจายกันอย่างหลวมๆ แต่บางกลุ่มมีดาวจำนวนมากอยู่รวมกันอย่างหนาแน่น โดยทั่วไปกระจุกดาวแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ กระจุกดาวเปิด และกระจุกดาวทรงกลม ดังนั้นการศึกษากระจุกดาวส่วนใหญ่จะศึกษาสมบัติทางกายภาพ เช่น อุณหภูมิพื้นผิว มวล และประเภทของดาวฤกษ์

กระจุกดาวเปิด M29 หรือ NGC6913 อยู่ในกลุ่มดาวหงส์ มีตำแหน่ง R.A. $20^{h}23^{m}58^{s}$ และ Dec. +38° 29' 54" อยู่ห่างจากโลก 4,000 พันปีแสง ค้นพบโดย ชาลส์ เมสิเยร์ กระจุกดาวนี้มีความสวยงามและมีขนาดเล็ก ทำการถ่ายภาพด้วยกล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เมตร ด้วยเทคนิคการถ่ายภาพทางดาราศาสตร์แบบ ซีซีดี โฟโตเมตรี นำภาพมาวิเคราะห์ผ่านโปรแกรม Aperture Photometry Tool (APT) และนำมาเทียบกับแผนภาพเฮิร์ตซปรุง-รัสเซลล์ และวิเคราะห์ H-R Diagram เทียบกับ H-R Diagram มาตรฐาน ซึ่งเป็นแผนภาพที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างค่าโชติมาตรปรากฏและค่าดัชนีสี โดยอาศัยแผนภาพความสัมพันธ์ดังกล่าว มาวิเคราะห์หาระยะทางและอายุของกระจุกดาว M29 และอุณหภูมิพื้นผิวของกระจุกดาว M29 เนื่องจากอุณหภูมิพื้นผิวของดาวสามารถจำแนกประเภทของดาว โดยการคำนวณค่าอุณหภูมิพื้นผิวของดาว

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.เพื่อคำนวณหาระยะทาง อายุและอุณหภูมิของกระจุกดาวเปิดM29

แนวคิด ทฤษฎี กรอบแนวคิด

กระจุกดาวเป็นระบบของดาวฤกษ์จำนวนมากที่อยู่ใกล้กัน ดาวสมาชิกต่างๆ จะมีการเคลื่อนที่คล้องจองกัน ด้วยความเร็วเท่ากันหมดและอยู่ห่างจากผู้สังเกตเท่ากัน จากการสังเกตกระจุกดาวต่างๆ ทำให้นักดาราศาสตร์สามารถจัดแบ่งกระจุกดาวออกได้ 2 จำพวกคือ กระจุกดาวเปิด และกระจุกดาวทรงกลม (ดำรงศักดิ์ มณีพงษ์สวัสดิ์, 2532)

มอดูลัสระยะทาง (Distance modulus)ค่าความแตกต่างระหว่างโชติมาตรปรากฏและโชติมาตรสัมบูรณ์(m — M) เรียกว่า distance modulus ถ้าเราทราบโชติมาตรปรากฏและระยะทางของดาว เราก็จะทราบโชติมาตรสัมบูรณ์

$$V - Mv = 5 \log d - 5 \qquad (1)$$

เมื่อ V คือ โชติมาตรปรากฏของแสงสีที่ตามองเห็น, Mv คือ โชติมาตรสัมบูรณ์ของแสงสีที่ตา มองเห็น, d คือ ระยะทางของกระจุกดาว M34 มีหน่วยเป็น (pc) (บุญรักษา สุนทรธรรม,2550) ซึ่งดังที่ได้นี้ สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ระทางของกระจุกดาว

สีและดัชนีสี ดาวทั้งหลายที่ปรากฏอยู่บนท้องฟ้ามีสีแตกต่างกันไปตั้งแต่สีแดงจนถึงสีน้ำเงินในช่วงที่สเปกตรัมที่ตามองเห็นได้ เช่น ดาวบีเทลจูส และดาวแอนทารีสจะมีสีแดงส่วนดาวซิริอุสจะมีสีขาว และดาวไรเจลมีสีน้ำเงินแกมขาว เป็นต้น

ตาของมนุษย์มีความไวต่อแสง สีแดงและสีเหลืองมากกว่าสีน้ำเงิน ดังนั้นตาจะเห็นดาวสีน้ำเงินมีค่าโชติมาตรมากกว่าดาวสีแดงเมื่อดาวทั้งสองนี้มีกำลังส่องสว่างที่แท้จริงและระยะทางเท่ากัน แต่ถ้าฟิล์มถ่ายรูปจะเกิดผลตรงข้าม กล่าวคือ ภาพของดาวสีน้ำเงินที่เกิดบนแผ่นฟิล์มจะใหญ่ และเข้มกว่าภาพของดาวสีแดงเมื่อใช้เวลาถ่ายภาพเท่ากันความแตกต่างเหล่านี้มาเป็นหลักในการพิจารณา สีและดัชนีของดวงดาว โดยกำหนดว่าดัชนีสี คือผลต่างของโชติมาตร เมื่อวัดด้วยอุปกรณ์แสง 2 ชนิด ซึ่งมีผลตอบสนองแสงต่างกันในการสังเกตการณ์ทางโฟโตเมตรี ถ้าใช้แผ่นกรองแสงสีน้ำเงินวัดโชติมาตรได้ B และถ้าใช้แผ่นกรองแสงสีเหลืองวัดโชติมาตรได้ V ดังนั้นจะเห็นได้ว่า

ค่าดัชนีสี (C) = B-V

$$(C) = -2.5\log(c_b c_v) \quad (2)$$

เมื่อ C_b คือ ค่านับสุทธิในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B)

C_v คือ ค่านับสุทธิในช่วงความยาวคลื่นสีเหลือง (V)

ดาวที่มีสีน้ำเงินดัชนีสีจะเป็นลบ ดาวที่มีสีเหลืองค่าจะเป็นบวก และถ้าดาวเป็นดาวสีขาวถือว่าดาวดวงนี้จะมีผลตอบสนองต่อสีน้ำเงินและสีเหลืองเท่ากัน ค่าดัชนีสีเท่ากับศูนย์สี (ไพบูลย์ ทองเชื้อ,2549)

Class	B−V	U−B	V−R	R−I	T_{eff} (K)
O5V	−0.33	−1.19	−0.15	−0.32	42,000
B0V	−0.30	−1.08	−0.13	−0.29	30,000
A0V	−0.02	−0.02	0.02	−0.02	9,790
F0V	0.30	0.03	0.30	0.17	7,300
G0V	0.58	0.06	0.50	0.31	5,940
K0V	0.81	0.45	0.64	0.42	5,150
M0V	1.40	1.22	1.28	0.91	3,840

ภาพที่ 1 ค่าดัชนีสีของดาวฤกษ์
(ที่มา : https.//en.wikipedia.)

อุณหภูมิยังผลของดาวฤกษ์เป็นอุณหภูมิของดาวที่มีการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งถือเป็นการแผ่รังสีของวัตถุดำ โดยอุณหภูมิที่ผิวของดาวฤกษ์ที่เป็นผลรวมของทุก

ความยาวคลื่นของความเข้มของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยผิวดาวที่นี้คือบรรยากาศ 15 ชั้นโฟโตสเฟียร์ของดาวฤกษ์ ซึ่งเป็นบรรยากาศชั้นบางๆด้านนอกปลดปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมา การวัดอุณหภูมิยังผลสามารถทำได้โดยหาค่า ดัชนีสีดาวฤกษ์ ซึ่งเป็นผลต่างของโชติมาตรของดาวในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงินกับสีที่ตามองเห็น ตามความสัมพันธ์ดังสมการ

$$1/T_{eff} = (9.52307\ X10^{-5})+(1.32488X10^{-4})\ (B\text{-}V)$$

T_{eff} คือ อุณหภูมิยังผล หน่วยเคลวิน

B-V คือ ดัชนีสี

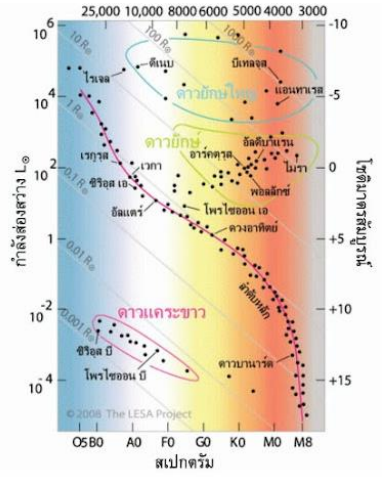
อายุขัยของดาวในลำดับหลักดาวในลำดับหลักต้องการไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงและการเผาผลาญไฮโดรเจนอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นเมื่อเวลาผ่านไปไม่ช้าก็เร็ว ดาวในลำดับหลักทุกดวงก็ไม่สามารถคงปฏิกิริยาฟิวชันในแกนกลางของดาวได้อีกต่อไป จึงหมดอายุขัยและค่อยๆเลื่อนออกจากแถบลำดับหลักบน H-R Diagram ไปเป็นดาวประเภทอื่นต่อไปสามารถประมาณอายุขัยของดาวในลำดับหลักได้ จากสมการ

$$\mathrm{TMS} \approx 10^{10}\mathrm{Years}\left[\frac{\mathrm{M}}{\mathrm{M}_{\Theta}}\right]^{-2.5} \qquad (3)$$

เมื่อ M คือ มวลของกระจุกดาว

M_{Θ} คือ มวลของดวงอาทิตย์

แผนภาพของแฮร์ทสชปรุง-รัสเซลล์ (Hertzsprung-Russell diagram) หรือ H-R Diagram แผนภาพของแฮร์ทสชปรุง-รัสเซลล์เป็นแผนภาพคู่ลำดับระหว่างสีของดาวฤกษ์กับความสว่างของดาวซึ่งแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างกำลังส่องสว่าง โชติมาตรสัมบูรณ์ ประเภทของดาวฤกษ์และอุณหภูมิของดาวฤกษ์

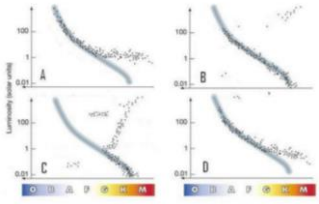


ภาพที่ 2 H-R diagram

(ที่มา : http://www.lesa.biz/ hr-diagram)

Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Vol. 4 No. 1 ISSN 2673-0480 (Online)

ดาวทุกดวงส่วนใหญ่ปรากฏขึ้นบนแถบที่วิ่งจากด้านบนซ้ายไปยังด้านล่างขวาที่เรียกว่าลำดับหลัก นี่คือดาวฤกษ์เหมือนดวงอาทิตย์ของเราซึ่งหลอมไฮโดรเจนเข้าสู่ฮีเลียม ดาวทุกดวงใช้ชีวิตส่วนใหญ่บนแถบลำดับหลัก หากดาวเริ่มหลอมรวมองค์ประกอบที่หนักกว่ามันจะย้ายออกจากลำดับหลักไปทางด้านขวาบนของแผนภาพเพื่อเป็นดาวยักษ์และดาวยักษ์ใหญ่เนื่องจากดาวฤกษ์ในแถบลำดับหลักที่ร้อนขึ้นจะเริ่มหลอมรวมฮีเลียมเร็วกว่าดาวลำดับหลักที่เย็นกว่าดังนั้นแผนภาพ H-R Diagram จึงสามารถใช้หาอายุของกระจุกดาวได้ ดาวฤกษ์ในกระจุกมักจะก่อตัวในเวลาเดียวกันดังนั้นพวกมันจึงมีอายุเท่ากันและเนื่องจากเราสามารถทำนายอายุขัยของดาวตามขนาดเราสามารถบอกได้ว่ากระจุกดาวมีอายุเท่าไรโดยดูว่าดาวใดเป็นเพียงแค่เริ่มออกจากลำดับหลัก



ภาพที่ 3 เปรียบเทียบ H-R diagram
(ที่มา:https://www.chegg.com/ /53-hr-diagrams)

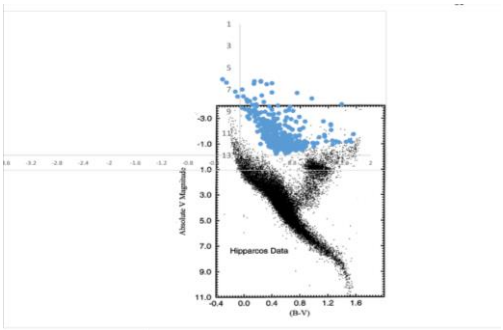
ในภาพด้านบนกลุ่มที่อายุน้อยที่สุดอยู่ทางซ้ายและด้านที่เก่าที่สุดอยู่ทางขวา ขอให้สังเกตว่าดาวที่ส่องสว่างมากเริ่มเคลื่อนไปยังระยะยักษ์ก่อน นี่เป็นดาวที่มีมวลมากที่สุดและมีอายุสั้นที่สุด

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษากระจุกดาว M29 จะเก็บข้อมูลที่หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา ฉะเชิงเทรา โดยทำการถ่ายภาพด้วยกล้องซีซีดีโมโตมิเตอร์ที่ต่อเข้ากับกล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เมตร ผ่านแผ่นกรองแสงสีน้ำเงิน (B) และสีเหลือง (V) โดยใช้เวลาในการถ่าย 25 วินาทีพร้อมถ่าย Bias, Dark และ flat เพื่อลบสัญญานรบกวน ได้ข้อมูลแล้วนำมาวิเคราะห์คำนวณหาระยะทางอายุและอุณหภูมิพื้นผิวของกระจุกดาวเปิดM29 นำภาพที่ได้มากำจัดสัญญาณรบกวนด้วยโปรแกรม Maxim DL และทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย โปรแกรม Aperture Photometry Tool (APT)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากภาพที่2 คือกราฟ H-R Diagram ที่ได้วิเคราะห์จากโปรแกรม Excel นำมาเปรียบเทียบกับ H-R Diagram มาตรฐานของดาวฤกษ์ในแถบลำดับหลักเพื่อหาจุดเบนออกจากแถบลำดับหลัก (Turnoff Point)



ภาพที่ 4 การซ้อนทับแผนภาพแฮรท์สชปรุง–รัสเซลล์

1.การคำนวณหาระยะทางของกระจุกดาวเปิด M29

V − Mv = 5log d −5

$d = 10^{(m-M+5)/5}$

$d = 10^{(15.38-7.825)/5}$

$d=10^{2.512}$

d=325.087297pc

2.การคำนวณหาอายุของกระจุกดาวเปิด M29

$$TMS \approx 10^{10} Years \left[\frac{M}{M_{\Theta}}\right]^{-2.5}$$

$$TMS \approx 10^{10} Years \left[\frac{-1.4}{1}\right]^{-2.5}$$

$\approx$ 4,312,011504 $year$

3.การเทียบหาอุณหภูมิของกระจุกดาวเปิด M29

= B-V

≈ 0.3

=7,300 เคลวิน

สรุปผลการวิจัย

การคำนวณหาระยะทาง อายุและอุณหภูมิของกระจุกดาวเปิด M29 พบว่ากระจุกดาวเปิดM29 มีระยะทาง 325.087297 พาร์เซก มีอายุ 4.3 พันล้านปี และมีอุณหภูมิประมาณ 7,300 เคลวิน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือเป็นอย่างดียิ่งจาก นายสุวนิตย์ วุฒสังข์ เจ้าหน้าที่สารสนเทศ และนางสาวณัฐยา ศิริวนสกุล เจ้าหน้าที่สารสนเทศชำนาญการ ที่ชี้แนะแนวทาง ในการจัดเก็บข้อมูล ให้คำปรึกษาและการแก้ปัญหาต่าง ๆ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงยิ่ง

ขอขอบพระคุณ นางสาวณัฐยา ศิริวนสกุล เจ้าหน้าที่สารสนเทศชำนาญการ และนางสาวสาวิตรี เดชศรีมนตรี เจ้าหน้าที่สารสนเทศ ที่ให้คำปรึกษา เสนอแนะแนวทางอันเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาค้นคว้า และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องในการทำวิจัยฉบับนี้ขอขอบคุณหอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา ฉะเชิงเทรา ที่ให้โอกาสในการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ฉัตรสกุล อุ่นเพชร และคณะ. (2561). **การคำนวณหาระยะทางและอายุ ของกระจุกดาว M48**. การประชุมวิการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ครั้งที่ 3 (ฉบับที่ 2).

ตระกูลเกียรติ ปัดภัย และคณะ. (2560). **การศึกษากระจุกดาว M37**. วารสารวิทยาศาสตร์โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ปีที่ 1 (ฉบับที่ 1).

ยุพยงค์ สินทมครบุรี. (2541). **การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของกระจุกดาวเปิด M41 โดยเทคนิค ซีซีดี โฟโตเมตรี**. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาการสอนฟิสิกส์). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สุพรรณี ไพรศรีจันทร์. (2549). **สมบัติทางกายภาพของกระจุกดาวปิด M15**. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาวิชาฟิสิกส์)มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อำนวย เสน่ดี. (2548). **วิวัฒนาการของกระจุกดาวเปิด M45 โดยเทคนิค ซีซีดี โฟโตเมตรี**. วิทยาศาสตร มหาบัณฑิต (สาขาการสอนฟิสิกส์). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ไพบูลย์ ทองเชื้อ. (2549). **การสร้างและวิเคราะห์แผนภาพเอช-อาร์ของกระจุกดาวเปิด M35**. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาวิชาฟิสิกส์). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สมาคมดาราศาสตร์และวิทยาศาสตร์อวกาศเพื่อการศึกษา
Astronomy and Space Science Society for Education; ATSSE

ที่ตั้ง: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
เลขที่ 41 หมู่ 5 ตำบลท่าช้าง อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี 22000

บทความวิชาการ

- **การสังเกตการณ์ดาราศาสตร์ทางแสงด้วยอุปกรณ์อย่างง่าย**
  วิระภรณ์ ไหมทอง
- **ทวิตเตอร์กับการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์**
  สุภัทร สายรัตนอินทร์

บทความวิจัย

- **การคำนวณหาค่าระยะทางและพลังงานศักย์ยังผลของอนุภาคประจุไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ภายใต้แรงเข้าสู่ศูนย์กลางที่เป็นฟังก์ชันตรีโกณมิติขึ้นอยู่กับรัศมีของวงโคจร F(R)**
  จิราวรรณ ทรัพย์ทิพย์ ปิยรัตน์ มูลศรี และอาทิตย์ หุ้เต็ม
- **การคำนวณหาอายุและระยะทางของกระจุกดาวเปิด M38**
  วริษา ปานเจริญ สิรวิชญ์ วิเศษ สิรวิชญ์ รุ่งโรจน์
  สุกัญญา สง่าแก้ว และนิรุธ ล้ำเลิศ
- **Determination of the Time-Dependent Velocity for Charged Particle via Cosine Electrostatic Function**
  Artit Hutem, Sanit Suwanwong, Treenuch Ellis
  and Nutnicha Masoongnoen
- **การคำนวณหาสนามไฟฟ้าเนื่องจากการแจกแจงประจุแบบต่อเนื่องภายใต้ความหนาแน่นประจุเชิงเส้นฟังก์ชันไซน์ของการเคลื่อนที่สั้น**
  ณัฐณิชา มะสูงเนิน ปิยรัตน์ มูลศรี ตรีนุช เอลลิส
  ศานิตย์ สุวรรณวงศ์ และอาทิตย์ หุ้เต็ม
- **องค์ประกอบของค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลก ณ อุทยานดาราศาสตร์สิรินธร**
  ดลฤดี สุขใจ ถิรนันท์ สอนแก้ว นิพนธ์ นายหว่าง ธนกิจ ใจพะยัก
  กัญญ์วรา พานประทีป สุพรรษา กาไชยา ณัฐกานต์ จันทร์ทิพย์
  สมสวัสดิ์ รัตนสูรย์ และ Ronald Macatangay
- **การวิเคราะห์เวลาที่แสงน้อยที่สุดของระบบดาวคู่ CR Scl**
  ซูรีนา สาแม อาบรอร์ สะมะแอ อาดีละฮ์ เทษา
  นูรมา ดาลี และสมกรณ์ ชัยวรากรณ์
- **การศึกษาหาระยะทาง อายุและอุณหภูมิของกระจุกดาวเปิด M29**
  ซาฮีดา สาแม นารินี มะเด็ง รุสนี มะเด็ง และสมกรณ์ ชัยวรากรณ์