ISSN 2673-0480 (Online)

สมาคมดาราศาสตร์และวิทยาศาสตร์อวกาศเพื่อการศึกษา
Astronomy and Space Science Society for Education; ATSSE
ที่ตั้ง: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
เลขที่ 41 หมู่ 5 ตำบลท่าช้าง อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี 22000

วารสารวิทยาศาสตร์โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ
Journal of Earth Science, Astronomy and Space

- การศึกษาวิจัยด้านฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาคของไทย
  บุญรักษา สุนทรธรรม
- เรื่องเล่าของดวงดาว
  หม่อมหลวงอนิวรรต สุขสวัสดิ์
- การเปลี่ยนคาบของดาวแปรแสง AN Lyncis
  วรเชษฐ์ นาดี พงษ์ศักดิ์ บุตรศรีภูมิ และ รณกฤต รัตนมาลา
- การศึกษากระจุกดาว M37
  ตระกูลเกียรติ ปัดภัย คุณานนต์ รอญศึก ณัฐวุฒิ จงเพียร และ รณกฤต รัตนมาลา
- การศึกษาสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่ ε CrA ด้วยกล้องโทรทรรศน์หักเหแสงขนาดเล็กร่วมกับกล้องดีเอสแอลอาร์
  ณัฐพงษ์ วิรุณพันธ์ และ วรวัฒน์ พรหมเด่น
- การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ DF Hydrae
  อรดี พิลาโฮม เชิดตระกูล หอมจำปา ธีรธาร ศรีมหา และ สมานชาญ จันทร์เอี่ยม
- การคำนวณหาระยะทางการเคลื่อนที่และหาค่าพลังงานการเคลื่อนที่ของวิถีวงโคจรของอนุภาค
  วัชรพงษ์ พลสนาม และ อาทิตย์ หู้เต็ม
- Mathematical modeling and the physics of electric field on non-symmetric linear charge density for damped-oscillatory motion
  Nichapat Thongsit, Yosita Sangnok and Artit Hutem

วารสารวิทยาศาสตร์โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ
Journal of Earth Science, Astronomy and Space

ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 (2561)
Vol.1, No.1 (2018)



http://www.atsse.org/journal.php

ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 (2561)
Vol.1, No.1 (2018)

◆ฉบับปฐมฤกษ์◆

บรรณาธิการแถลง

วารสารวิทยาศาสตร์โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ (Journal of Earth Science, Astronomy and Space) เป็นวารสารที่ออกโดยสมาคมดาราศาสตร์และวิทยาศาสตร์อวกาศเพื่อการศึกษา (Astronomy and Space Science Society for Education; ATSSE) มีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่บทความทางด้านวิทยาศาสตร์โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ จากผลงานวิจัย ผลงานทางวิชาการ บทความทางวิชาการ ผลงานวิชาการรับใช้สังคม มีกำหนดออกเผยแพร่ ปีละ 1 ฉบับ (ตุลาคม – ธันวาคม) โดยฉบับนี้ เป็นฉบับปฐมฤกษ์ซึ่งมีบทความทั้งหมด 8 เรื่อง โดยแบ่งเป็นบทความวิจัยจากนักวิจัยจำนวน 6 เรื่อง และบทความปริทรรศน์ 2 เรื่อง จากผู้ทรงคุณวุฒิทางดาราศาสตร์ 2 ท่าน คือ รองศาสตราจารย์บุญรักษา สุนทรธรรม และหม่อมหลวงอนิวรรต สุขสวัสดิ์ ที่กรุณาให้เกียรติเขียนบทความรับเชิญจากทางวารสารฯ ทางวารสารฯใคร่ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ทางวารสารใคร่ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิคณะกรรมการประเมินอิสระ (Peer Reviewers) เป็นอย่างสูง ที่กรุณาให้เกียรติและเสียสละเวลาในการพิจารณากลั่นกรอง แก้ไข และให้ข้อเสนอแนะแก่บทความวิจัยทั้ง 6 เรื่อง เพื่อความสมบูรณ์และเกิดประโยชน์สูงสุดในทางวิชาการในวารสารฉบับนี้

ผศ.ดร.วิระภรณ์ ไหมทอง
บรรณาธิการ

กองบรรณาธิการ

ผศ.ดร.วิระภรณ์ ไหมทอง	บรรณาธิการ
ผศ.ดร.สุวิทย์ นามมหาจักร	กรรมการ
ผศ.ดร. อธิพงศ์ งามจารุโรจน์	กรรมการ
ผศ.ดร.ภัควัฒน์ วงศ์วรรณวัฒนา	กรรมการ
ผศ.ดร.ธนา ยีรัมย์	กรรมการ
ผศ.ดร.สุรเชษฐ์ ผดุงธิติธาดา	กรรมการ
ดร.ศุภฤกษ์ อัครวิทยาพันธุ์	กรรมการ
ดร.นรากรณ์ แก้วขาว	กรรมการ
ดร.กาญจนา ทองบุญนาค	กรรมการ
ดร.ปรารถนา มินเสน	กรรมการ
ดร.พสุ ปราโมกข์ชน	กรรมการ
อ.อัครสิทธิ์ บุญส่งแท้	กรรมการ
อ.ณัฏฐพงษ์ สายพิณ	กรรมการ
อ.วริษา ปานเจริญ	กรรมการและเลขานุการ

คณะกรรมการประเมินอิสระ (Peer Reviewers) ตรวจสอบทางวิชาการ

รศ.บุญรักษา สุนทรธรรม
ผศ.ดร.สุวิทย์ นามมหาจักร
ผศ.ดร.ภัควัฒน์ วงศ์วรรณวัฒนา
ผศ.ดร.ธนา ยีรัมย์
ผศ.ดร.สุรเชษฐ์ ผดุงธิติธาดา
ดร.กฤษฎา บุญชม
ดร.ภาคภูมิ รัตน์จิรานุกูล
ดร.นรากรณ์ แก้วขาว
ดร.กนต์ธีร์ กิจเกียรติพงษ์

สารบัญ

เรื่อง	**หน้า**
กองบรรณาธิการ	ก
สารบัญ	ง
การศึกษาวิจัยด้านฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาคของไทย บุญรักษา สุนทรธรรม	1
เรื่องเล่าของดวงดาว หม่อมหลวงอนิวรรต สุขสวัสดิ์	16
การเปลี่ยนคาบของดาวแปรแสง AN Lyncis วรเชษฐ์ นาดี พงษ์ศักดิ์ บุตรศรีภูมิ และ รณกฤต รัตนมาลา	21
การศึกษากระจุกดาว M37 ตระกูลเกียรติ ปัดภัย คุณานนต์ รอญศึก ณัฐวุฒิ จงเพียร และ รณกฤต รัตนมาลา	29
การศึกษาสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่ ε CrA ด้วยกล้องโทรทรรศน์หักเหแสงขนาดเล็กร่วมกับกล้องดีเอสแอลอาร์ ณัฐพงษ์ วิรุณพันธ์ และ วรวัฒน์ พรหมเด่น	37
การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ DF Hydrae อรดี พิลาโฮม เชิดตระกูล หอมจำปา ธีรธาร ศรีมหา และ สมานชาญ จันทร์เอี่ยม	47
การคำนวณหาระยะทางการเคลื่อนที่และหาค่าพลังงานการเคลื่อนที่ของวิถีวงโคจรของอนุภาค วัชรพงษ์ พลสนาม และ อาทิตย์ หู้เต็ม	55
Mathematical modeling and the physics of electric field on non-symmetric linear charge density for damped-oscillatory motion Nichapat Thongsit, Yosita Sangnok and Artit Hutem	64

การศึกษาวิจัยด้านฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาคของไทย

บุญรักษา สุนทรธรรม
สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)

นักวิทยาศาสตร์สนใจศึกษาอนุภาคมูลฐาน (Elementary Particle) มาเป็นเวลายาวนานกว่าศตวรรษมาแล้ว อนุภาคมูลฐานเป็นหน่วยย่อยที่สุดของอนุภาคที่เป็นจุดกำเนิดของอะตอม โมเลกุล และสสารต่างๆที่มนุษย์เห็นและสัมผัสได้

การค้นพบโครงสร้างของอะตอมและการศึกษาด้านนิวเคลียร์ฟิสิกส์ ทำให้นักวิทยาศาสตร์ทราบว่ายังมีอนุภาคมูลฐานอีกมากมายที่ประกอบเป็นนิวเคลียสและอะตอม ในช่วงปี ค.ศ. 1950 เริ่มมีการพัฒนาเครื่องเร่งอนุภาค (Particle Accelerator) และเครื่องตรวจจับอนุภาค (Particle Detector) ทำให้สามารถศึกษาผลกระทบของการเคลื่อนที่และอันตรกิริยาของอะตอม รวมถึงอนุภาคมูลฐานซึ่งเป็นหน่วยย่อยของอะตอม ทำให้ค้นพบอนุภาคมูลฐานอีกมากมาย รวมถึงการประยุกต์ใช้อนุภาคมูลฐานและอันตรกิริยาของอนุภาคมูลฐานเพื่อประโยชน์ในการทดลองทางวิทยาศาสตร์ การแพทย์ การเกษตร และภาคการผลิต ปัจจุบันมีการสร้างและพัฒนาเครื่องชนอนุภาคแฮดรอนขนาดใหญ่ (Large Hadron Collider, LHC) เป็นเครื่องเร่งอนุภาคขนาดใหญ่ที่สุดในโลก ตั้งอยู่ที่องค์กรเพื่อการวิจัยด้านนิวเคลียร์แห่งยุโรป (European Organization for Nuclear Research) หรือ เซิร์น (CERN) เมืองเจนีวา ประเทศสวิตเซอร์แลนด์

การผลิตอนุภาคพลังงานสูงบนโลกนั้นยังยากมาก ที่จะผลิตให้มีพลังงานสูงเทียบเท่ากับอนุภาคพลังงานสูงที่มีอยู่ในอวกาศ การศึกษาสเปกตรัมของรังสีคอสมิกพบว่ามีอนุภาคพลังงานสูงถึง 10^{20} อิเล็กตรอนโวลต์ (eV) ในขณะที่การทดลองการชนระหว่างโปรตอน-โปรตอน (Proton-Proton Collision) ในเครื่องชนอนุภาคแฮดรอนขนาดใหญ่ มีพลังงานสูงสุดอยู่ในพิสัยประมาณ 10^{12} อิเล็กตรอนโวลต์เท่านั้น ดังนั้นการศึกษาวิจัยด้านฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาคจึงเป็นศาสตร์ที่มีความสำคัญเพื่อความเข้าใจในการพัฒนาด้านการผลิตอนุภาคพลังงานสูงบนโลก

ฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาค (Astroparticle Physics) คืออะไร

ความเข้าเรื่องอนุภาคพลังงานสูงในอวกาศ เริ่มมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1910 เมื่อมีการทดลองวัดการเกิดไอออน (Ionization) ในอากาศ ซึ่งเป็นเป็นตัวชี้วัดการแผ่รังสีแกมมา (Gamma Ray) ณ จุดสูงสุดและจุดต่ำสุดของหอไอเฟล (Eiffel Tower) ซึ่งมีความสูงราว 300 เมตร โดย ธิโอดอร์ วูล์ฟ (Theodor Wulf) นักฟิสิกส์ชาวเยอรมันเป็นผู้ทดลอง และพบว่าระดับการเกิดไอออนบนยอดหอไอเฟล มีมากกว่าพื้นล่างมาก แทนที่จะน้อยลงตามที่สันนิษฐานไว้แต่แรกว่า แหล่งกำเนิดของพลังงาน

มาจากระดับพื้นดิน ผลการทดลองดังกล่าวแสดงว่าอนุภาคที่ทำให้เกิดไอออนในอากาศน่าจะมาจากอวกาศมากกว่าที่จะมาจากระดับพื้นดิน ซึ่งต่อมาวิกเตอร์ ฟรานซิส เฮสส์ (Victor Francis Hess) นักฟิสิกส์ชาวออสเตรียน-อเมริกัน ได้ตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับการเกิดไอออนในอากาศว่า น่าจะเกิดจากแหล่งพลังงานในอวกาศ เขาทำการทดลองเพื่อพิสูจน์สมมติฐานดังกล่าว โดยการสร้างเครื่องอิเลกโตรสโคป (Electroscope) ที่ใช้วัดการแผ่รังสีบรรทุกในบอลลูนขนาดใหญ่ ลอยขึ้นไปสูงถึง 5.3 กิโลเมตรจากระดับพื้นดินเพื่อสังเกตการณ์การเกิดไอออนในอากาศ พบว่าระดับการเกิดไอออนลดลงจนถึงระดับสูงประมาณ 1 กิโลเมตร หลังจากนั้นจึงค่อยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จนเป็น 2 เท่า ณ ระดับความสูง 5 กิโลเมตรจากระดับน้ำทะเล ในระหว่างปี ค.ศ. 1911-1913 เฮสส์ทดลองวัดระดับการเกิดไอออนในอากาศ ณ ระดับสูงอีกประมาณ 10 ครั้ง เขาสรุปว่าเขาจะไม่สามารถวัดการเกิดไอออนได้ ณ ระดับความสูงเกิน 500 เมตรได้เลย หากแหล่งกำเนิดอนุภาคพลังงานสูงที่ทำให้เกิดไอออนมาจากเพียงภาคพื้นดินเท่านั้น ข้อสรุปดังกล่าวจึงทำให้เฮสส์มั่นใจว่าอนุภาคพลังงานสูงต้องมาจากอวกาศอย่างแน่นอน

นอกจากนี้ยังพบว่าการทดลองการวัดไอออนในระดับสูง แม้ช่วงตอนเกิดสุริยุปราคาเต็มดวง ก็ไม่ได้ทำให้ปริมาณการเกิดไอออนน้อยลงแต่อย่างใด จึงสรุปว่าแหล่งกำเนิดอนุภาคพลังงานสูงที่ทำให้เกิดไอออนในบรรยากาศ น่าจะมีแหล่งกำเนิดมาจากวัตถุในอวกาศไกลโพ้น

ในปี ค.ศ. 1925 โรเบิร์ต มิลลิแกน (Robert Millikan) ยืนยันการค้นพบของเฮสส์ และเรียกอนุภาคที่มาจากอวกาศเหล่านั้นว่า “รังสีคอสมิก (cosmic Ray)” และในปี ค.ศ.1936 เฮสส์ได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ จากผลงานการค้นพบดังกล่าว ซึ่งนับว่าเป็นจุดกำเนิดของศาสตร์ที่มีความสำคัญที่เรียกว่า “ฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาค”

แบบจำลองมาตรฐานของอนุภาคมูลฐาน

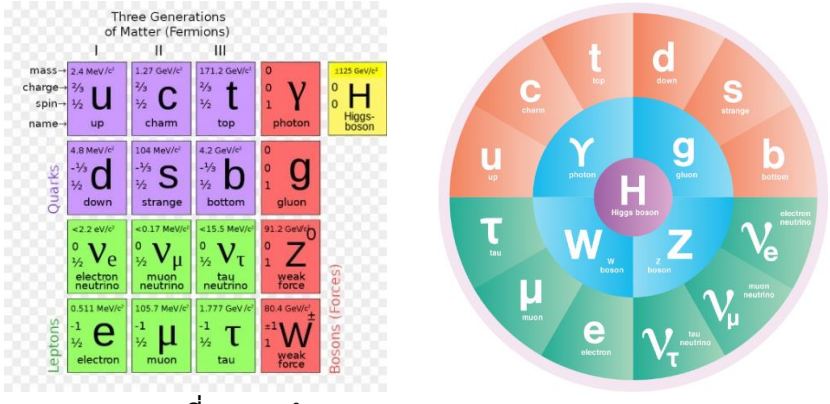
นับตั้งแต่การกำเนิดของเอกภพจากระเบิดใหญ่ (Big Bang) เมื่อ 13,700 ล้านปีที่แล้ว ณ เสี้ยววินาทีแรกของการกำเนิดเอกภพ พลังงานที่แผ่ออกมาจำนวนมหาศาลสร้างอนุภาคมูลฐานที่เรียกว่า ควาร์ก (Quark) และ โบซอน (Boson) ซึ่งโบซอนเป็นอนุภาคมูลฐานที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนอัตรกิริยาอย่างเข้ม (Strong Interaction) ระหว่าง ควาร์ก (คล้ายกับการแลกเปลี่ยนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเมื่ออิเล็กตรอนเปลี่ยนระดับพลังงานภายในอะตอม) ทำให้ควาร์กสามารถรวมตัวเป็นอนุภาคหรือสสารแบริออน (Baryonic Matter) อันได้แก่โปรตอนและนิวตรอนนั่นเอง และเมื่อเอกภพเริ่มเย็นตัวลงอนุภาค แบริออนจึงสามารถรวมตัวเป็นอะตอมและโมเลกุลของธาตุต่าง ๆ ในเอกภพต่อไป

ควาร์กเป็นอนุภาคที่มีสปิน $\frac{1}{2}$ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิดได้แก่ ชนิดขึ้น (Up Type) ได้แก่ ควาร์กขึ้น (Up) ชาร์ม (Charm) ท๊อป (Top) และชนิดลง (Down Type) ได้แก่ ควาร์กลง (Down) สเตรงจ์ (Strange) และบ๊อททอม (Bottom)

นอกจากควาร์กแล้ว ยังมีอนุภาคมูลฐานอีกประเภทหนึ่งที่มีสปิน $\frac{1}{2}$ เช่นกัน ได้แก่ เลปตอน (Lepton) ซึ่งเป็นอนุภาคมูลฐานที่ไม่การแลกเปลี่ยนอันตรกิริยาแบบเข้มเหมือนควาร์ก สามารถแบ่งเป็นเลปตอนที่มีประจุ (Charged) ได้แก่ อิเล็กตรอน (Electron) มิวออน (Muon) และ ทาว (Tau) และเลปตอนที่ไม่มีประจุ (Neutral) ได้แก่ อิเล็กตรอนนิวตริโน (Electron Neutrino) มิวออนนิวตริโน (Muon Neutrino) และ ทาวนิวตริโน (Tau Neutrino)

นักวิทยาศาสตร์เรียกอนุภาคมูลฐานที่มีสปิน $\frac{1}{2}$ นี้ว่า “เฟอมิออน (Fermion)”

ส่วนโบซอน (Boson) ที่เป็นอนุภาคที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนอัตรกิริยาอย่างเข้มระหว่าง ควาร์กนั้นเป็นอนุภาคมูลฐานที่มีสปิน 1 ได้แก่ โฟตอน (Photon) กลูออน (Gluon) แซดโบซอน (Z Boson) และ ดับเบิ้ลยูโบซอน (W Boson) และยังมีโบซอนอีกตัวหนึ่งที่เป็นอนุภาคมูลฐาน แต่มีสปิน 0 เรียกว่า “ฮิกส์โบซอน (Higgs Boson)” ซึ่งได้รับการยืนยันว่ามีอนุภาคนี้จริง โดยการทดลองการชนของอนุภาคจากเครื่องชนอนุภาคแฮดรอนขนาดใหญ่ของเซิร์น เมื่อวันที่ 4 กรกฎาคม ค.ศ. 2012 ฮิกส์โบซอนเป็นอนุภาคมูลฐานในแบบจำลองมาตรฐาน ที่สามารถทำให้อธิบายได้ว่า ทำไมอนุภาคมูลฐานชนิดอื่น เช่น ควาร์ก และอิเล็ตตรอนจึงมีมวล ทำไมโฟตอนจึงไม่มีมวล และทำไมแซดโบซอนและดับเบิ้ลยูโบซอนจึงเป็นอนุภาคมูลฐานที่มีมวลมาก การค้นพบฮิกส์โบซอน ทำให้ ปีเตอร์ ฮิกส์ (Peter Higgs) และ ฟรังซัวร์ อิงเลอร์ต (François Englert) ได้รับรางวัลโนเบลเมื่อวันที่ 10 ธันวาคม ค.ศ. 2013



รูปที่ 1 แบบจำลองมาตรฐานของอนุภาคมูลฐาน (ภาพจาก http://phys.orgnews/2015-05-particle-physics-discovery-theory.html และ https://www.symmetrymagazine.org/standard-model/)

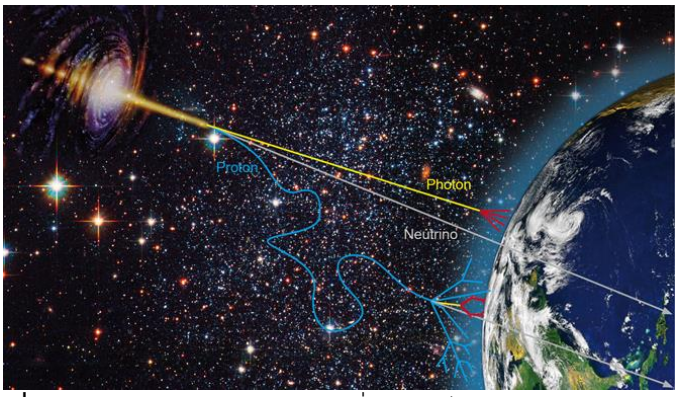
นอกจากอนุภาคมูลฐานที่กล่าวถึงในแบบจำลองมาตรฐานแล้ว ยังพบว่าในเอกภพของเรามีอนุภาคที่ไม่สามารถสังเกตเห็น หรือตรวจจับได้ ไม่ว่าจะใช้อุปกรณ์ตรวจสัญญาณใด แต่รู้ว่ามีสสารหรือพลังงานเหล่านี้อยู่โดยศึกษาสสาร และพลังงานเหล่านี้ผ่านผลของความโน้มถ่วง (Gravitational Effect) และผลของเลนซ์ความโน้มถ่วง (Gravitational Lensing Effect) เรารู้จักกันในนามของ “สสารมืด (Dark Matter)” หรือ”พลังงานมืด (Dark Energy)” ซึ่งสสารมืดและพลังงานมืดเหล่านี้ไม่ได้ประกอบด้วยอนุภาคมูลฐานในแบบจำลองมาตรฐาน ทำให้สสารมืดและพลังงานมืดจัดเป็นสสารที่ไม่ใช่แบริออน (Non-baryonic Matter) คาดว่าสสารมืดและพลังงานมืดในเอกภพมีจำนวนมากมายมหาศาลเกือบ 95 เปอร์เซนต์ (สสารมืด 26.7 เปอร์เซนต์ และพลังงานมืด 68.3 เปอร์เซนต์) ของสสารและพลังงานที่มีทั้งหมดในเอกภพปัจจุบัน คงเหลือสสารและพลังงานที่มนุษย์สามารถเห็นหรือสังเกตการณ์ได้เพียง 5 เปอร์เซนต์เท่านั้น

การศึกษาวิจัยด้านฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาค

การศึกษาค้นคว้าวิจัยด้านฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาคเกี่ยวข้องกับการศึกษาค้นคว้าวิจัยการแผ่พลังงานทั้งในรูปแบบของอนุภาค เช่น โปรตอน อิเล็กตรอน นิวตริโน เป็นต้น และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น รังสีแกมมา (Gamma Ray) ที่เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรืออนุภาคที่มีพลังงานสูง เป็นต้น ที่แผ่ออกมาจากวัตถุในอวกาศหลากหลายชนิดนับตั้งแต่ดวงอาทิตย์ ดาวฤกษ์ ซูเปอร์โนวา (Supernova) ใจกลางของกาแลกซีกัมมันต์ (Active Galactic Nucleus, AGN) รวมทั้งการศึกษาค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับพลังงานมืดหรือสสารมืดดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

การศึกษาค้นคว้าวิจัย อาจเน้นการค้นหาแหล่งกำเนิดของอนุภาคหรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่ออกมาในอวกาศ และสังเกตการณ์ได้จากเครื่องมือต่างๆบนพื้นโลกและในอวกาศ เช่น กล้องวัดรังสีเชอเรนคอฟ (Cherenkov Telescope) ที่เกิดจากรังสีแกมมาที่แผ่ออกมาจากวัตถุในอวกาศเมื่อผ่านบรรยากาศของโลก หอสังเกตการณ์นิวตริโน (Neutrino Observatory) ที่สามารถตรวจจับอนุภาคนิวตริโนจากวัตถุในอวกาศ กล้องโทรทรรศน์แสง (Optical Telescope) หรือกล้องโทรทรรศน์วิทยุ (Radio Telescope) ที่ติดตาม (Follow Up) การแปรแสงหรือการแปรเปลี่ยนคลื่นวิทยุที่แผ่ออกมาจากวัตถุในอวกาศ หรือ จากกล้องโทรทรรศน์อวกาศรังสีแกมมา (Gamma Ray Space Telescope) เป็นต้น ปัจจุบันนักดาราศาสตร์สามารถศึกษาอนุภาคและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าพลังงานสูง ที่แผ่จากวัตถุในอวกาศหลายชนิดเช่น ควาซาร์ (Quasar) บลาซาร์ (Blazar) นิวเคลียสของกาแลกซีกัมมันต์ (Active Galactic Nuclei, AGN) เป็นต้นได้ ซึ่งบางครั้งวัตถุในอวกาศเดียวกันสามารถแผ่อนุภาคและพลังงานหลากหลายออกมาได้พร้อมกัน นักดาราศาสตร์จึงใช้เครื่องมือทางดาราศาสตร์

หลากหลายที่จะวัดอนุภาคและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั้นต่าง ๆ จากวัตถุในอวกาศเดียวกัน นั้นได้ทำให้สามารถเข้าใจกลไกการแผ่อนุภาค และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่าง ๆ ภายในวัตถุในอวกาศนั้นได้อย่างแม่นยำ เรียกการสังเกตการณ์โดยใช้เครื่องมือดาราศาสตร์หลากหลายทั้งบนพื้นโลกและ/หรือในอวกาศ เพื่อให้ได้ข้อมูลภาพรวมของกลไกการส่งถ่ายพลังงานจากภายในของวัตถุในอวกาศออกสู่ภายนอกเหล่านี้ว่า “การสังเกตการณ์แบบพหุข่าวสาร (Multi-messenger Observations)”



รูปที่ 2 การปลดปล่อยอนุภาคและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิด เช่น นิวเคลียสของกาแลกซีกัมมันต์ ในอวกาศมายังโลก (ภาพจาก https://astro.desy.de/)

ปัญหาที่ยังไม่มีความเข้าใจชัดแจ้งในปัจจุบันเกี่ยวกับฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาคมีหลากหลายประเด็น โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณลักษณะของสสารมืดและพลังงานมืด ซึ่งสสารมืดหรือพลังงานมืดนั้น เราไม่อาจสังเกตได้โดยตรง แต่ต้องสังเกตจากผลของสสารมืดหรือพลังงานมืดที่มีต่อความโน้มถ่วง (Gravity) หรือ ปฏิกิริยาของสสารมืดหรือพลังงานมืดต่อสสารแบริออน (Baryonic Matter) ที่ปรากฏให้เราเห็นหรือที่เราสามารถวัดได้อยู่เท่านั้น ที่จะทำให้เราทราบถึงการมีอยู่ของสสารหรือพลังงานมืดเหล่านั้น

เมื่อปี ค.ศ. 1930 วอลเตอร์ บาอาด (Walter Baade) และฟริทซ์ ชวิคกี้ (Fritz Zwicky) สังเกตการณ์และศึกษา “ค่าความเร็วในวงโคจร (Orbital Velocities)” ของดาวฤกษ์ในกาแลกซีทางช้างเผือกและกาแลกซีอื่น ๆ รวมทั้งกระจุกกาแลกซีด้วย พบว่าค่าความเร็ววงโคจรของดาวฤกษ์ที่วัดได้มีค่าสูงกว่าค่าความเร็ววงโคจรของดาวฤกษ์ที่คำนวณได้โดยใช้เพียง “มวลที่มองเห็นได้ (Visible Mass)” ของกาแลกซีหรือกระจุกกาแลกซีเป็นอย่างมาก แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า มวลทั้งหมดในกาแลกซีหรือกระจุกกาแลกซีนั้น จริง ๆ แล้วมีจำนวนมากมายมหาศาลกว่ามวลมี่วัดได้จากเครื่องวัดต่าง ๆ ทั้งหมดมากนัก ซึ่งมวลที่ไม่สามารถวัดได้ไม่ว่าจะใช้เครื่องวัดใด ๆ ก็ตาม แต่มีอยู่จริงเหล่านั้นก็คือ “สสารมืด” หรือ “พลังงานมืด” นั่นเอง

ในทางเอกภพวิทยา (Cosmology) นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะวัดค่า “ความเร่งของการขยายตัวของเอกภพ” และพบว่าสสารมืดจำนวนมหาศาลในเอกภพอาจถูกซ่อนอยู่ในรูปของพลังงานมืด ที่ทำให้ค่าความเร่งของการขยายตัวของเอกภพมีค่าห่างไกลจากค่าที่คำนวณโดยใช้สสารที่วัดได้ในปัจจุบันเป็นอย่างมาก นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่า เอกภพมีพลังงานมืดแทรกอยู่อย่างสม่ำเสมอทั่วไปทุกที่ และจากการวัดค่าการหมุนรอบตัวเองของกาแลกซี พบว่ากราฟการหมุนรอบตัวเอง (Rotation Curve) ของกาแลกซีไม่เป็นไปตามกฎการหมุนทางฟิสิกส์ อันเนื่องมาจากการมีอยู่ของสสารมืดและพลังงานมืดจำนวนมหาศาลซ่อนอยู่ในกาแลกซีนั่นเอง

จากการคำนวณยังพบว่าหากกาแลกซีต่าง ๆ มีสสารเท่าที่เห็น โดยที่ไม่มีสสารมืดหรือพลังงานมืดอยู่เลย สสารที่ประกอบเป็นกาแลกซีเหล่านั้นจะมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างกันไม่เพียงพอที่จะทำให้กาแลกซีคงสภาพอยู่ได้ แต่สสารจะเคลื่อนที่กระจายออกจากกัน แทนที่จะหมุนและคงสภาพเป็นกาแลกซีอยู่อย่างที่เห็น

อย่างไรก็ตามหากสสารมืดซึ่งเป็นสสารที่ไม่ใช่แบริออน (Non-baryonic Matter) อยู่ในสภาวะ “สมมาตรยิ่งยวด (Supersymmetric)” สสารมืดอาจเกิดกระบวนการประลัย (Dark Matter Annihilation) โดยปฏิกิริยาระหว่างสสารมืดด้วยกัน แตกตัวและผลิตสสารแบริออน (Baryonic Matter) ที่เป็นอนุภาคหรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าพลังงานสูง เช่น นิวตริโน รังสีแกมมา ที่นักดาราศาสตร์สามารถสังเกตการณ์ได้

โครงการสำคัญและความร่วมมือด้านฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาคของสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ

นับตั้งแต่การก่อตั้งสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556 เป็นต้นมา การพัฒนาดาราศาสตร์ยุคใหม่ของไทยเป็นไปอย่างก้าวกระโดด เป้าหมายในการดำเนินการก็คือการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านดาราศาสตร์ เช่น อุทยาดาราศาสตร์สิรินธร (Princess Sirindhorn AstroPark) กล้องโทรทรรศน์เชิงแสง (Optical Telescope) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.4 เมตร ณ จังหวัดเชียงใหม่ กล้องโทรทรรศน์ควบคุมระยะไกลของไทย (Thai Remote Control Telescope) ณ ราชอาณาจักรสเปน สาธารณรัฐประชาชนจีน สหรัฐอเมริกา และออสเตรเลีย หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติฯภูมิภาค ณ จังหวัดฉะเชิงเทรา นครราชสีมา สงขลา ขอนแก่น และพิษณุโลก และโครงการสร้างกล้องโทรทรรศน์วิทยุ (Radio Telescope) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เมตร ณ จังหวัดเชียงใหม่ เป้าหมายที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือการพัฒนากำลังคนทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยใช้ดาราศาสตร์ โดยเฉพาะการพัฒนานักวิจัยทางด้านดาราศาสตร์และสาขาที่เกี่ยวข้อง การพัฒนากำลังคนทางเทคโนโลยีชั้นสูง โดยการทำงานร่วมกับมหาวิทยาลัย สถาบันวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศ การทำงานร่วมกับมหาวิทยาลัยในการพัฒนาคุณภาพนักศึกษา

ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างกว้างขวางทั่วประเทศ นอกจากนี้สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ ยังมีข้อตกลงความร่วมมือด้านการวิจัย พัฒนาเทคโนโลยี และด้านวิชาการกับหมาวิทยาลัยและสถาบันวิจัยเป็นจำนวนมาก ทั้งในและต่างประเทศ

สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติกำหนดทิศทางการวิจัยหลักทางดาราศาสตร์และสาขาที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งการวิจัยด้านเทคโนโลยีดาราศาสตร์เพื่อพัฒนาองค์ความรู้ขั้นสูง การพัฒนาเทคโนโลยีชั้นสูง และการสร้างความสามารถในการแข่งขันของประเทศทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยใช้ดาราศาสตร์ ทิศทางการวิจัยหลักด้านหนึ่งของสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติที่ดำเนินความร่วมมือกับมหาวิทยาลัยทั้งในและต่างประเทศ สถาบันวิจัยในต่างประเทศก็คือความร่วมมือด้าน “ฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาค (Astroparticle Physics)” หรือบางครั้งเรียกว่า “ฟิสิกส์ดาราศาสตร์พลังงานสูง (High Energy Astrophysics)” ซึ่งในปัจจุบันมุ่งศึกษากลไกการแผ่รังสีแกมมาและนิวตริโนที่ปลดปล่อยออกมาจากวัตถุท้องฟ้าไกลโพ้น เช่น นิวเคลียสของกาแลกซีกัมมันต์ ควาซาร์ บลาซา เป็นต้น โดยมีความร่วมมือในการวิจัยเกี่ยวกับรังสีแกมมากับสถาบันเดซี (DESY) ประเทศสาธารณรัฐเยอรมนีด้าน ฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาคและโครงการเครือข่ายความร่วมมือกล้องโทรทรรศน์เชอเรนคอฟ (Cherenkov Telescope Consortium, CTA) และความร่วมมือกับสถาบันฟิสิกส์พลังงานสูง (Institute of High Energy Physics, IHEP) ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนในโครงการหอสังเกตการณ์นิวตริโนใต้ดินแห่งเจียงเหมิน (Jiangmen Underground Neutrino Observatory, JUNO) ในการวิจัยด้านนิวตริโนจากอวกาศ โดยมีรายละเอียดดังนี้

- **โครงการความร่วมมือกับสถาบันเดซี (DESY) ประเทศสาธารณรัฐเยอรมนี ด้าน ฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาคและโครงการเครือข่ายความร่วมมือกล้องโทรทรรศน์เชอเรนคอฟ (Cherenkov Telescope Consortium, CTA)**

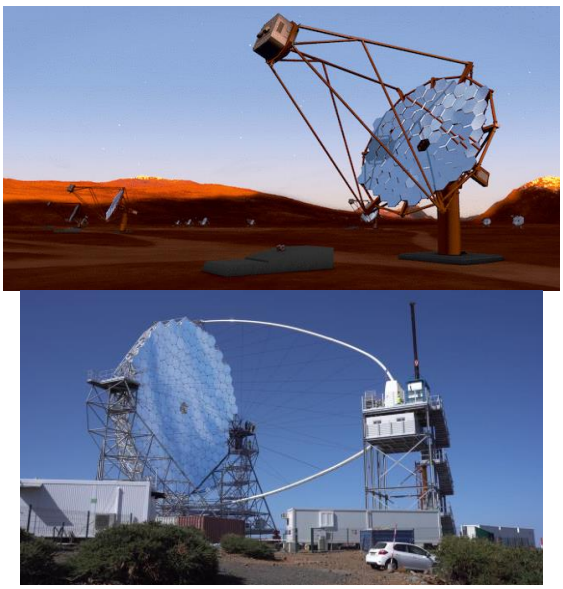
เป้าหมายของการใช้หมู่กล้องโทรทรรศน์เชอเรนคอฟ ก็คือการสังเกตการณ์รังสีแกมมา (Gamma Ray) ที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากกลไกภายในของวัตถุท้องฟ้า เช่น นิวเคลียสของกาแลกซีกัมมันต์ ควาเนภายในวัตถุท้องฟ้าที่ปลดปล่อยพลังงานสูงเช่นนี้ออกมา

รังสีแกมมาพลังงานสูงในอวกาศนั้น ไม่สามารถแผ่ถึงพื้นผิวโลกตกลงสู่กล้องโทรทรรศน์ได้โดยตรง แต่รังสีแกมมาเหล่านั้นจะมากระทบกับบรรยากาศโลก และทำปฏิกิริยากับบรรยากาศโลกปลดปล่อยธารของอนุภาคระดับเล็กกว่าอะตอม (Subatomic Particles) ที่มีพลังงานสูงมากอย่างยิ่ง (Ultra-high Energy) ออกมา อนุภาคเหล่านี้สามารถเคลื่อนที่เร็วกว่าอัตราเร็วแสงในบรรยากาศโลก (อัตราเร็วของแสงในบรรยากาศโลกจะช้ากว่าอัตราเร็วแสงในสุญญากาศประมาณ 0.03 เปอร์เซนต์) แล้วปล่อยแสงวาบสีน้ำเงิน (Blue Flash) ออกมา เรียกแสงวาบสีน้ำเงินเหล่านี่ว่า

“แสงเชอเรนคอฟ (Cherenkov Light)” ซึ่งสามารถวัดสัญญาณจากแสงเชอเรนคอฟได้โดยกล้องโทรทรรศน์เชอเรนคอฟ (แสงเชอเรนคอฟค้นพบโดยนักฟิสิกส์ ชื่อ Pavel Cherenkov ในปี ค.ศ. 1934)

หมู่กล้องโทรทรรศน์เชอเรนคอฟจะเป็นหมู่กล้องโทรทรรศน์ภาคพื้นดินที่เปิดกว้างให้ผู้ทำวิจัยด้านฟิสิกส์ดาราศาสตร์และอนุภาคฟิสิกส์จากทั่วโลกสามารถเข้าถึงได้ หมู่กล้องโทรทรรศน์เชอเรนคอฟจะถูกพัฒนาโดยเทคโนโลยีขั้นสูงเหนือกว่ากล้องโทรทรรศน์เชอเรนคอฟที่มีอยู่แล้วในปัจจุบัน เช่น เวอริแทส (Veritas) เฮส (H.E.S.S.) หรือ แมจิก (MAGIC) โดยจะสามารถค้นหาวัตถุที่แผ่รังสีแกมมาในอวกาศใหม่ ๆ ได้มากกว่า 1,000 วัตถุ

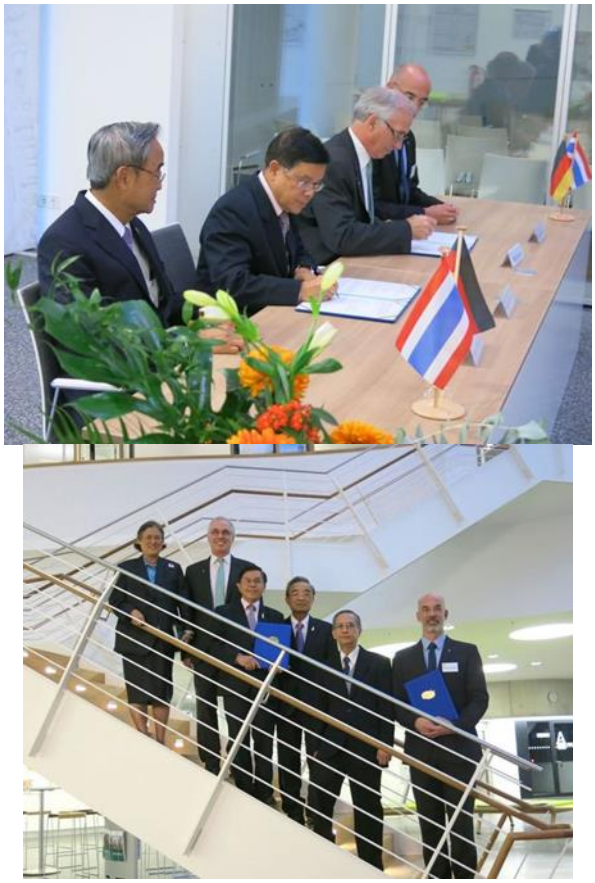
กล้องโทรทรรศน์เชอเรนคอฟ เป็นกล้องโทรทรรศน์ที่รับสัญญาณจากแสงเชอเรนคอฟได้ เป็นกล้องโทรทรรศน์ที่มีลักษณะคล้ายกล้องโทรทรรศน์วิทยุ แต่ผิวรับแสงบนจานโค้งประกอบด้วยกระจกหลายสิบบานที่จะสะท้อนแสงสีน้ำเงินของเชอเรนคอฟสู่จุดรวมแสงเพื่อแปลงและประมวลสัญญาณต่อไป ทำให้สามารถวิเคราะห์พลังงานของรังสีแกมมาที่ปลดปล่อยจากวัตถุอวกาศได้ในช่วงพลังงานระหว่าง 20 GeV ถึง 300 TeV



รูปที่ 3 กล้องโทรทรรศเชอเรนคอฟ (Cherenkov Telescope) และ LST1 ที่เกาะลาปาลมา (ภาพจากสถาบันเดซี และ https://www.eurekalert.org/pub_releases/2018-10/cta-tft100518.php)

กล้องโทรทรรศน์เชอเรนคอฟเมื่อใช้ร่วมกันหลาย ๆ กล้องก็จะทำให้การวัดรังสีเชอเรนคอฟมีความไว (Sensitivity) สูงมาก ดังนั้นองค์กรกว่า 200 องค์กรที่ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับฟิสิกส์ดาราศาสตร์พลังงานสูงจาก 31 ประเทศทั่วโลก (รวมทั้งประเทศไทย) จึงร่วมกันจัดตั้งเครือข่ายหมู่กล้องโทรทรรศน์เชอเรนคอฟ (Cherenkov Telescope Array Consortium) ขึ้นเพื่อร่วมกันหารือกำหนดเป้าหมายของการวิจัย (Science Goals) ด้านฟิสิกส์ดาราศาสตร์พลังงานสูง ร่วมกันออกแบบและสร้างหมู่กล้องโทรทรรศน์เชอเรนคอฟ รวมทั้งการร่วมลงทุนในการพัฒนาหมู่กล้องโทรทรรศน์เชอเรนคอฟขึ้นมา หมู่กล้องเชอเรนคอฟจะประกอบด้วยกล้องโทรทรรศน์เชอเรนคอฟขนาดใหญ่ (LST) ขนาดกลาง (MST) และขนาดเล็ก (SST) จำนวนรวมกันกว่า 100 กล้อง กำหนดที่ตั้งไว้ 2 แห่งก็คือ หอดูดาว Roque de los Muchachos ที่เกาะลาปาลมา (La Palma) ของราชอาณาจักรสเปน และหอดูดาว เซร์โร ปารานัล (Cerro Paranal) ในทะเลทรายอะทาคามา (Atacama Desert) ประเทศสาธารณรัฐชิลี ซึ่งเมื่อวันที่ 10 ตุลาคม พ.ศ. 2561 ที่ผ่านมานี้ ได้มีพิธีเปิดกล้องโทรทรรศน์เชอเรนคอฟขนาดใหญ่ซึ่งเป็นกล้องแรกในโครงการเครือข่ายหมู่กล้องโทรทรรศน์เชอเรนคอฟแล้ว เรียกชื่อว่า “LST1” ที่หอดูดาวเกาะลาปาลมา ราชอาณาจักรสเปน คาดว่าจะเริ่มทดลองใช้เครือข่ายหมู่กล้องเชอเรนคอฟได้ในปี พ.ศ. 2565 และโครงการจะแล้วเสร็จและสามารถดำเนินการได้เต็มรูปแบบในปี พ.ศ. 2568

สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) (สดร.) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ผนึกกำลังความร่วมมือด้านฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาค (Astroparticle Physics) กับสถาบันเดซี สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี (DESY: Deutsches Elektronen-Synchrotron) เพื่อพัฒนาฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาคในไทย ได้รับพระมหากรุณาธิคุณจากสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี เสด็จพระราชดำเนินทรงเป็นสักขีพยานการลงนามบันทึกความร่วมมือดังกล่าว เมื่อวันที่ 18 พฤศจิกายน 2558 ณ เมืองฮัมบูร์ก สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี ซึ่งโครงการวิจัยและพัฒนาด้านฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาคนี้ เป็นโครงการในพระราชดำริของสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาสยามบรมราชกุมารีให้ สดร. พัฒนางานวิจัยและพัฒนา และการผลิตกำลังคนทางด้านฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาค อาทิ ส่งเสริมให้นิสิต นักศึกษาและนักวิจัยได้เข้าร่วมฝึกอบรมฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาค สนับสนุนทุนการศึกษาในระดับปริญญาโท-ปริญญาเอก รวมถึงการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน ได้แก่ ความร่วมมือในการสร้างกล้องโทรทรรศน์เชิงแสงควบคุมระยะไกล นอกจากนี้ ยังมุ่งเน้นให้เกิดความร่วมมือด้านการวิจัย อาทิ การวิจัยแหล่งกำเนิดรังสีแกมมาพลังงานสูง การระเบิดรังสีแกมมา ซูเปอร์โนวา พัลซาร์ แหล่งกำเนิดรังสีคอสมิกอื่นๆ สสารมืด และเอกภพวิทยา โดยสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติกับสถาบันเดซีจะร่วมมือทางด้านการศึกษาอนุภาคพลังงานสูงได้แก่ รังสีแกมมา (Gamma Ray)



รูปที่ 4 การลงนามความร่วมมือด้านฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาค
ระหว่าง สดร. กับ สถาบันเดซี
(ภาพจากสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ)

ในการเข้าร่วมเป็นสมาชิกของเครือข่ายหมู่กล้องโทรทรรศน์เชอเรนคอฟ สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติส่งวิศวกรของสถาบันฯไปร่วมพัฒนาซอฟแวร์ Array Control and Data Acquisition Work Package ณ สถาบันเดซี ปี พ.ศ. ๒๕๖๐ นอกจากนี้สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติยังเสนอที่จะพัฒนาเครื่องเคลือบกระจก (Mirror Coating System) ระบบสปัตเตอริง (Sputtering) เพื่อเคลือบกระจกของหมู่กล้องเชอเรนคอฟที่กำลังสร้าง ซึ่งจะประกอบด้วยกล้องโทรทรรศน์เชอเรนคอฟจำนวน ๙๙ กล้องโดยจะติดตั้งที่หอดูดาวเซร์โร ปารานาล (Cerro Paranal) ราชอาณาจักร และที่หอดูดาว Roque de los Muchachos ที่เกาะลาปาลมา (La Palma) ของราชอาณาจักรสเปนซึ่งกล้องโทรทรรศน์เชอเรนคอฟแต่ละตัวจะประกอบด้วยกระจกจำนวนหลายสิบบาน

สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ ยังได้ตั้งกลุ่มนักวิจัยของสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติและอาจารย์ในมหาวิทยาลัยที่มีความเชี่ยวชาญ ความรู้และประสบการณ์ด้านฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาค เตรียมโครงการความร่วมมือในการวิจัยในด้านนี้ โดยเฉพาะด้านสสารมืดและเอกภพวิทยา

- **โครงการหอสังเกตการณ์นิวตริโนใต้ดินแห่งเจียงเหมิน (Jiangmen Underground Neutrino Observatory, JUNO)**

ดาราศาสตร์นิวตริโน (Neutrino Astronomy) เป็นวิชาดาราศาสตร์แขนงหนึ่งที่สังเกตการณ์และศึกษาวัตถุท้องฟ้าด้วยเครื่องวัดนิวตริโน (Neutrino Detector) นิวตริโนเป็นอนุภาคมูลฐานที่เกิดจากการสลายตัวของกัมมันตรังสีหรือปฏิกิริยานิวเคลียร์ทั้งในเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู หรือในดวงอาทิตย์ หรือจากวัตถุท้องฟ้าที่อยู่ไกลออกไปเช่น ซูเปอร์โนวา การระเบิดของรังสีแกมมา (Gamma Ray Burst) นิวเคลียสของกาแลกซีกัมมันต์ ควาซาร์ บลาซา เป็นต้น วัตถุท้องฟ้าเหล่านี้สามารถปลดปล่อยอนุภาคและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าพลังงานสูงเช่น อนุภาคนิวตริโน รังสีเอ็กซ์ รังสีแกมมาออกมา นักดาราศาสตร์จึงสามารถใช้กล้องโทรทรรศน์แบบต่างๆทั้งทางภาคพื้นดินและในอวกาศศึกษาอนุภาคและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าพลังงานสูงเหล่านี้ทำให้เข้าใจกลไกของวัตถุท้องฟ้าต่างๆที่ปลดปล่อยอนุภาคและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเหล่านี้ออกมา

สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี เสด็จพระราชดำเนินทรงเป็นสักขีพยานในพิธี ลงนามความร่วมมือทางดาราศาสตร์ ระหว่างสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย แห่งราชอาณาจักรไทย กับสถาบันฟิสิกส์พลังงานสูง แห่งสาธารณรัฐประชาชนจีน การเสด็จพระราชดำเนินฯ ครั้งนี้มีส่วนสำคัญอย่างยิ่งที่ผลักดันให้มิตรภาพไทย–จีนในหลาย ๆ ด้านมีความเป็นปึกแผ่น มั่นคง โดยเฉพาะอย่างยิ่งความก้าวหน้าด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งที่ทำให้ประเทศไทยมีโอกาสเข้าร่วมโครงการวิทยาศาสตร์ใหญ่ ๆ ระดับโลกหลายโครงการ

เมื่อวันที่ 13-17 กุมภาพันธ์ 2560 สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติได้รับความเห็นชอบจากที่ประชุม JUNO Collaborative Meeting ที่เมือง Zhuhai ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน ให้เป็นสมาชิก (Full Member) และเข้าร่วมโครงการหอสังเกตการณ์นิวตริโนที่เมืองเจียงเหมิน หรือ โครงการจูโน (Jiangmen Underground Neutrino Observatory, JUNO) โครงการนี้มีมหาวิทยาลัยในประเทศไทยเข้าร่วมก่อนหน้านี้ 2 แห่งได้แก่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทำให้สมาชิกในระดับนานาชาติมีทั้งสิ้น 72 สถาบันใน 17 ประเทศ

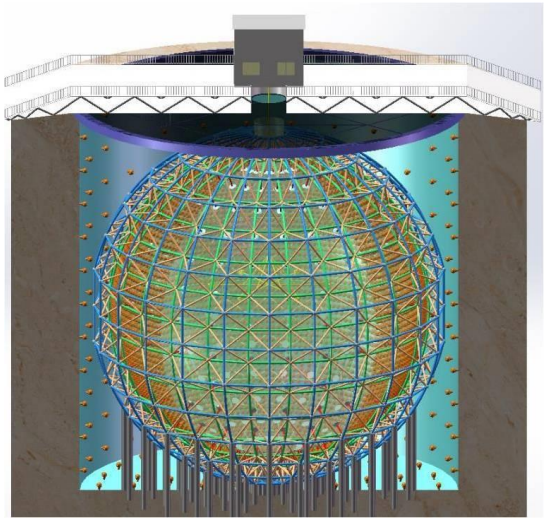
พิธีลงนามความร่วมมือทางวิชาการระหว่างมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) กับ สถาบันฟิสิกส์พลังงานสูง สาธารณรัฐประชาชนจีน จัดขึ้นเมื่อวันที่ 7 เมษายน 2560 ณ สถาบันฟิสิกส์พลังงานสูง กรุงปักกิ่ง สาธารณรัฐประชาชนจีน ความร่วมมือทางวิชาการครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาศักยภาพงานวิจัยด้านฟิสิกส์พลังงานสูง และฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาค มุ่งเน้นให้เกิดความร่วมมือด้านการวิจัย พัฒนาศักยภาพของบุคลากรไทย รวมถึงการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองทางฟิสิกส์พลังงานสูง

ต่อมา สดร. ได้สร้างเครือข่ายฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาคกับ 2 มหาวิทยาลัยในประเทศไทย ได้แก่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีและจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เรียกว่า “เครือข่ายความร่วมมือจูโนไทย (Thai JUNO Consortium)” โดยมีเป้าหมายเพื่อร่วมพัฒนาโครงการจูโนดังกล่าว ซึ่งในการหารือความร่วมมือกับเครือข่ายโครงการจูโนในระดับนานาชาติในสาระของความร่วมมือของไทย มีข้อสรุปว่าฝ่ายไทยจะเป็นผู้รับผิดชอบในการจัดสร้างระบบขดลวดป้องกันสนามแม่เหล็กโลก (Earth Magnetic Field (EMF) Shielding Coil) โดยจะเป็นผู้คำนวณรูปแบบและลงทุนในการสร้างขดลวดป้องกันสนามแม่เหล็กโลกดังกล่าว นอกจากนี้ประเทศไทยยังจะส่งนักวิจัยและนักศึกษาไปช่วยทดสอบหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ (Photomultiplier Tube) ซึ่งมีจำนวนหลายหมื่นหลอดโดยเฉลี่ยการทดสอบหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์กับสถาบันความร่วมมือต่างๆ เพื่อยืนยันว่าหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ดังกล่าวอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้อย่างสมบูรณ์ก่อนนำไปประกอบเป็นหอสังเกตการณ์นิวตริโน



รูปที่ 5 พิธีลงนามความร่วมมือระหว่างสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กับ สถาบันฟิสิกส์พลังงานสูงของจีน (ภาพจากสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ)

ในปัจจุบันหอสังเกตการณ์นิวตริโนที่เมืองเจียงเหมินได้เริ่มขึ้นแล้ว โดยหอสังเกตการณ์ดังกล่าวจะก่อสร้างอยู่ใต้ดินโดยการขุดอุโมงค์ลึก 563 เมตร เป็นทางลาดชันยาวถึง 1,265 เมตร ในการศึกษาอนุภาคพลังงานสูงจากอวกาศอีกอนุภาคหนึ่ง ได้แก่ นิวตริโน (Neutrino) โดยเสนอเข้าร่วมโครงการ JUNO (Jiangmen Underground Neutrinos Observatory) ซึ่งเป็นโครงการขนาดใหญ่ของประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน ที่จะสร้างเครื่องวัดอนุภาคนิวตริโน ซึ่งนิวตริโนเป็นอนุภาคพลังงานสูงที่มีความสำคัญ แผ่ออกมาจากดวงอาทิตย์ จากกาแลกซีอื่นๆ แต่วัดได้ยากมาก จึงต้องให้เครื่องมือนี้อยู่ในอุโมงค์ใต้ดินขนาดใหญ่ เพื่อป้องกันไม่ให้ได้รับการรบกวนจากอนุภาคหรือพลังงานจากแหล่งอื่น โครงการที่ สดร.ร่วมกับ มทส. และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในโครงการจูโนนี้ คือ การสร้างโครงขดลวดป้องกัน (EMF Shielding Coil) เพื่อป้องกันผลของสนามแม่เหล็กโลกที่จะมารบกวนการวัดอนุภาคนิวตริโน



รูปที่ 6 การออกแบบเครื่องวัดนิวตริโนที่ ณ หอสังเกตการณ์นิวตริโน เมืองเจียงเหมิน (ภาพจาก Juno Collaborative Consortium)

ภายในขดลวดป้องกันสนามแม่เหล็กโลก มีเครื่องบันทึกสัญญาณหลัก (Main Detector) เป็นแก้วอะคริลิคทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35.4 เมตร บรรจุสารจุดปฏิกิริยาเหลว (Liquid Scintillator) ปริมาตร 20,000 ตัน ล้อมรอบด้วยโครงเหล็กสเตนเลส (Stainless Steel) ที่ใช้สำหรับติดตั้งหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์จำนวน 53,000 หลอด ซึ่งเป็นหลอดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 นิ้วจำนวน 17,000 หลอดและหลอดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้วอีกจำนวน 36,000 หลอด แทรกอยู่

ระหว่างหลอดใหญ่ โดยอุปกรณ์ทั้งหมดวางจมอยู่ในสระน้ำ (Water Pool) ขนาดใหญ่ที่ติดตั้งหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์อยู่ด้านนอกเป็น “ตัวป้องกันมิวออน (Muon Veto)” จากภายนอกอีกจำนวน 2,000 หลอด คาดว่าการก่อสร้างหอสังเกตการณ์ นิวตริโนใต้ดินแห่งเจียงเหมินจะแล้วเสร็จและเริ่มตรวจจับอนุภาคนิวตริโนได้ในปี พ.ศ. 2566

อนาคตของการวิจัยด้านฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาคของประเทศไทย

ความร่วมมือด้านฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาคของประเทศไทยกับสถาบันเดซี ประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี และ สถาบันฟิสิกส์พลังงานสูง ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนถือได้ว่า ในปัจจุบันประเทศไทยได้เข้าร่วมในโครงการระดับโลกด้านดาราศาสตร์และฟิสิกส์พลังงานสูงอย่างเต็มรูปแบบแล้ว

ด้านการวิจัย สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติร่วมมือกับมหาวิทยาลัยหลายแห่งในประเทศไทย อาทิ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร มหาวิทยาลัยขอนแก่น เป็นต้น เพื่อวางทิศทางวิจัยด้านฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาค เช่น การศึกษานิวเคลียสของกาแลกซีกัมมันต์ ซูเปอร์โนวา สสารมืด เป็นต้น รวมทั้งการวิจัยในเชิงทฤษฎีในการสร้างแบบจำลอง (Modelling and Simulation) รวมทั้งแนวทางการศึกษาวัตถุท้องฟ้าที่ปลดปล่อยอนุภาคและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าพลังงานสูงในช่วงความยาวคลื่นอื่น โดยการสังเกตการณ์ดาราศาสตร์แบบพหุ (Multi-Messenger Observations) ไม่ว่าจะเป็นการศึกษาการปลดปล่อยพลังงานในช่วงรังสีเอ็กซ์ (X-ray) รังสีอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet) ซึ่งอาจต้องใช้ข้อมูลจากกล้องโทรทรรศน์อวกาศ การแปรแสงในช่วงความยาวคลื่นที่มองเห็นเพื่อค้นหาแหล่งกำเนิดอนุภาคและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าพลังงานสูงทั้งการสังเกตการณ์ก่อนการปลดปล่อยอนุภาคและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าพลังงานสูง (Pre-burst Observations) ของแหล่งกำเนิดในอวกาศ รวมทั้งการติดตามสังเกตการณ์ (Follow-up Observations) โดยใช้กล้องโทรทรรศน์ ณ หอดูดาวแห่งชาติ กล้องควบคุมทางไกลอัตโนมัติในต่างประเทศ แม้กระทั่งกล้องโทรทรรศน์วิทยุขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เมตรที่กำลังก่อสร้าง ณ จังหวัดเชียงใหม่ของสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ นอกจากนี้นักวิจัย วิศวกร ช่างเทคนิค อาจารย์และนักศึกษาของประเทศไทยยังได้มีส่วนร่วมในการพัฒนาเทคโนโลยีของกล้องโทรทรรศน์เชอเรนคอฟและหอสังเกตการณ์นิวตริโนร่วมกับนักวิจัยวิศวกรในองค์กรระดับนานาชาติ เป็นการพัฒนากำลังคน (Human Resource Development) และการเพิ่มขีดความสามารถของกำลังคน (Human Capacity Building) ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศไทยทั้งด้านการพัฒนาองค์ความรู้ เทคโนโลยีวิศวกรรมขั้นสูงและเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อย่างเป็นรูปธรรม

เอกสารอ้างอิง

R. Oerter (2006). The Theory of Almost Everything: The Standard Model, the Unsung Triumph of Modern Physics (Kindle ed.). Penguin Group. p. 2. ISBN 0-13-236678-9.

https://en.wikipedia.org/wiki/Neutrino_astronomy

http://juno.ihep.cas.cn/

เรื่องเล่าของดวงดาว
The Story of Stars

หม่อมหลวงอนิวรรต สุขสวัสดิ์
ภาควิชาฟิสิกส์และวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ที่มาของบทความนี้คือการนำเสนอแง่คิดที่ว่า แม้ความเจริญทางดาราศาสตร์และวิทยาศาสตร์จะก้าวหน้าไปมากแค่ไหน แต่อยากให้ตระหนักถึงเรื่องราวพื้นฐานของดาราศาสตร์ว่ามีความเป็นมาได้อย่างไร ผู้สนใจดาราศาสตร์ทุกคนมองไปข้างหน้าได้ แต่คงไม่ลืมพื้นฐานเป็นสำคัญ ถ้าจะเปรียบเทียบเหมือนกับการเล่าเรื่องราวของดวงดาวให้เยาวชนฟัง เล่าเป็นนิทาน แต่นี่จะเล่าให้เห็นเป็นภาพจินตนาการโดยดัดแปลงจากพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ให้เป็นภาษาเรื่องเล่าที่เข้าใจง่าย เรื่องราวของดวงดาวเริ่มจาก...

กาลครั้งหนึ่งเมื่อมองไปที่อะไรสักอย่างที่น่าสนใจบนท้องฟ้า เช่น ดาวตกขนาดใหญ่วิ่งผ่าน (fireball) ซึ่งกระตุ้นความสนใจจากการเพิ่มความสว่างอย่างรวดเร็ว และอาจมีเสียงดังเสียดแทงบรรยากาศเกิดขึ้นทั่วทั้งท้องฟ้า ก็เพียงพอทำให้สรรพสัตว์ทั้งหลายต้องเงยหน้าดู อย่างที่เห็นได้บ่อยในภาพยนตร์ และในที่สุดก็มีมนุษย์นี่ล่ะที่ไม่ได้เพียงมอง แต่สามารถ “ชี้” ไปยังสิ่งนั้นได้ด้วย เป็นที่มาของการบอกตำแหน่ง (coordinates) อย่างง่ายของวัตถุบนท้องฟ้า

นานมาแล้วมนุษย์เชื่อว่าโลกแบน และท้องฟ้าเป็นครึ่งทรงกลมครอบอยู่ ความรู้สึกเช่นนี้เกิดขึ้นจากขีดจำกัดของการรับรู้ของมนุษย์เอง ซึ่งในความเป็นจริง ท้องฟ้าก็มิได้เป็นทรงกลม แต่อาจเป็นที่ว่างที่สามารถวัดระยะอย่างเชิงเส้น (linear) ได้ หรือไม่ก็ท้องฟ้าคือที่ว่างที่ระยะทางไม่จำเป็นต้องเป็นเชิงเส้น (non-linear) อย่างไรก็ตาม แม้ความรู้ที่มนุษย์มีจะพยายามเข้าใจธรรมชาติให้ลึกซึ้งมากขึ้นเท่าใด ความรู้สึกเดิม ๆ ว่า ท้องฟ้าเป็นทรงกลมก็ยังใช้ได้ ในระดับที่ใช้งานภาคปฏิบัติทั่ว ๆ ไป ดังนั้นการบอกตำแหน่งใด ๆ บนท้องฟ้า จึงมีการนำเรขาคณิต และตรีโกณมิติฐานโค้งเข้ามาใช้ ตั้งแต่ระดับมุม และระยะทางกว้าง ๆ บนท้องฟ้า ลงมาถึงระดับสเกลเล็ก ๆ เช่น ระยะห่างกันเพียงเล็กน้อยของดาวคู่ หรือ ขนาดของจุดบนดวงอาทิตย์ เป็นต้น

ก่อนวิวัฒนาการการมาถึงของมนุษย์ปัจจุบัน ดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และดวงดาว เป็นนาฬิกาธรรมชาติที่กำหนดกิจกรรมต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต

มาตลอด ครั้นพอวิทยาศาสตร์เข้ามาสู่ชีวิตประจำวันอย่างถาวร มนุษย์ก็มีระบบเวลาที่แม่นยำเพื่อให้ใช้ได้จริงในสถานการณ์ต่าง ๆ มีเวลาในชีวิตประจำวัน (civil time ที่อาศัยตาม mean solar time) และเวลาที่ใช้ในการคำนวณปรากฏการณ์ทางดาราศาสตร์ (sidereal time)

ดวงอาทิตย์เป็นวัตถุที่ทรงพลังที่สุดบนท้องฟ้าสำหรับมนุษย์บนโลก แต่นั่นก็ยังถูกแปรเปลี่ยนได้ด้วยพลังธรรมชาติของบรรยากาศที่มนุษย์ต้องใช้หายใจอยู่ บรรยากาศที่มนุษย์ยินดีที่จะอยู่ภายใต้สิ่งนั้น เพราะมนุษย์จะได้มีชีวิตที่สุขสบาย ไม่ต้องทรมานเช่นปลาที่อยู่นอกอ่างน้ำ พลังของบรรยากาศทำให้ดวงอาทิตย์เปลี่ยนสีได้ หรือแม้แต่ทำให้ดวงอาทิตย์ผิดรูปร่างได้จากผลของการหักเหของบรรยากาศ

ดาราศาสตร์ไม่เคยเก่าหรือหมดยุคหมดสมัย ตัวอย่างเช่นปัจจุบันด้วยความสามารถของกล้องถ่ายภาพที่ไวแสงมาก และมีเลนส์ไวแสงสูง (f-number น้อยๆ) เข้ามาประกอบ ทำให้การถ่ายภาพท้องฟ้าในเวลาค่ำคืนได้รับความนิยม สามารถถ่ายเห็นเส้นการเคลื่อนที่ของดวงดาวเนื่องจากโลกหมุน (star trail) ได้ไม่ยาก และ star trail นี้ใช้คำนวณหาอัตราการหมุนของโลกรอบตัวเองได้

ในขั้นตอนที่ยุ่งยากขึ้น และต้องใช้เวลาที่ยาวนานกว่าคือ การศึกษาการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้าในรอบปี ผลลัพธ์ไม่ใช่การหมุนของโลกรอบตัวเอง แต่เป็นการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ในรอบหนึ่งปีนั่นเอง หรือไม่ก็ลองจินตนาการว่า เมื่อโลกโคจรไปรอบ ๆ ดวงอาทิตย์ถ้าสังเกตไปที่ดาวฤกษ์ดวงอื่นซึ่งอยู่ไกลออกไป ดูเผิน ๆ ก็ไม่มีอะไรเกิดขึ้น แต่แท้จริงแล้วเมื่อทำการวัด radial velocity จากสเปคตรัมของดาวฤกษ์ดวงนั้นจะพบว่า radial velocity จะเปลี่ยนแปลงตามการเคลื่อนที่ของโลกในอวกาศ ทำให้ใช้คำนวณหาความเร็วของโลกในวงโคจรได้เช่นกัน

ภายใต้ดวงอาทิตย์นี้ เมื่อแกนหมุนของโลกเอียงรับแสงตามเวลาต่างๆ ทำให้เกิดฤดูกาลของแต่ละช่วง ฤดูของเวลานั้น ๆ จะมาถึงเสมอ แม้ว่าอาจจะมีบ้างที่สภาพแปรปรวนของบรรยากาศโลกจะเข้ามารบกวน แต่นั่นก็เป็นเพียงผลกระทบเล็กน้อย เช่น ปรากฏการณ์เอลนีโญ แต่ก็ไม่ถึงกับเปลี่ยนแปลงธรรมชาติของฤดูกาลนั้นได้ ในยุคปัจจุบันฤดูหนาวของซีกโลกเหนือจะเริ่มใกล้กับเวลาที่โลกจะอยู่ใกล้ดวงอาทิตย์ที่สุด ปัจจุบันคือประมาณวันที่ 3 มกราคม ซึ่งเป็นช่วงใกล้ปีใหม่ด้วย แต่โลกไม่เอียงอยู่ในลักษณะเดิมตลอดเวลา มีการส่ายของแกนหมุนอย่างช้า ๆ ดังนั้นเมื่อเวลาต่างจากปัจจุบันไปนับหมื่นปี เวลาที่โลกจะเข้าใกล้ดวงอาทิตย์ที่สุด ก็จะไม่ใช่ฤดูหนาวอย่างเช่นปัจจุบันนี้ และช่วงความยาวของแต่ละฤดูก็จะแตกต่างจากปัจจุบันเช่นกัน แม้ว่า

การเปลี่ยนแปลงเช่นนี้ค่อยเป็นค่อยไป ใช้เวลานานมากเมื่อเทียบกับอายุไขของมนุษย์ แต่อย่างไรก็ตามมนุษย์น่าจะได้ทราบความเปลี่ยนแปลงเช่นนี้มานานแล้ว โดยดูได้จากสิ่งก่อสร้างที่จารึกปรากฏการณ์ทางดาราศาสตร์ไว้ เช่น Stonehenge และ ปีรามิด เป็นต้น

นับตั้งแต่มนุษย์เริ่มสนใจเรื่องของดวงดาว กว่าจะมองภาพออกว่าโลกและดาวเคราะห์เป็นบริวารที่ต้องโคจรรอบดวงอาทิตย์ ก็ต้องอาศัยหลักฐานต่าง ๆ หลากหลายเพราะการเปลี่ยนแปลงความเชื่อของมนุษย์ที่มีมานานหลายพันปีว่าโลกเป็นศูนย์กลางของทุกอย่างไม่ใช่เรื่องง่าย เมื่อเป็นเช่นนี้แล้วก็จะพบอีกว่าวัตถุต่าง ๆ ในระบบสุริยะมีขนาดใหญ่ที่พอจะสังเกตได้เพราะอยู่ในระยะไม่ไกลเกินไป ปรากฏการณ์ที่ตามมาคือ การบังกัน เพราะแทบจะทุกวัตถุในระบบสุริยะส่วนใหญ่มีระนาบการโคจรที่ใกล้เคียงกัน การบังกันที่เห็นได้ชัดเริ่มจาก จันทรุปราคา และสุริยุปราคา ซึ่งอาจนับเป็นปรากฏการณ์ที่ยิ่งใหญ่ที่สุดของดาราศาสตร์ เพราะขนาดปรากฏของทั้งดวงอาทิตย์และดวงจันทร์มีขนาดใกล้เคียงกัน ทำให้ผลของปรากฏการณ์เด่นชัดน่าตื่นตาตื่นใจ และนำมาสู่ความเชื่ออื่น ๆ อีกมากมาย นอกจากนี้ก็ยังมีปรากฏการณ์ดาวพุธ ดาวศุกร์ ผ่านหน้าดวงอาทิตย์ แม้ว่าดาวเคราะห์ทั้งสองไม่ได้เข้าประชิดตัวดวงอาทิตย์แต่ก็ทำให้เห็นได้ถึงความใหญ่โตของดวงอาทิตย์ที่มีผลต่อดาวบริวารทั้งหลายรวมถึงโลกมนุษย์อย่างยิ่ง ปรากฏการณ์การบังกันยังรวมไปถึงดาวบริวารของดาวพฤหัสบดีที่เคลื่อนผ่านหน้าดาวพฤหัสบดีและฉายภาพเงาของดาวบริวารตกลงบนตัวดวงของดาวพฤหัสบดี ก็เป็นอีกสิ่งหนึ่งที่น่าทึ่งสำหรับผู้สังเกตที่ดูจากโลกออกไป

ในปัจจุบันเรื่องที่เคยได้ยินจนเป็นสิ่งธรรมดาไปแล้ว เช่น การส่งดาวเทียม การส่งยานอวกาศไปยังดาวเคราะห์ดวงอื่น ๆ หรือแม้แต่กำลังจะมีการพานักท่องเที่ยวขึ้นไปชมโลกจากอวกาศก็เป็นสิ่งที่ไม่ไกลเกินเอื้อม เพราะสิ่งเหล่านี้เป็นผลจากความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่สร้างและคำนวณความเป็นไปได้ต่าง ๆ แต่ถ้าเป็นสมัยก่อนการทำนาย ด้วยการคำนวณว่าวัตถุบางชนิด เช่น ดาวหางฮัลเลย์ จะสามารถกลับมาให้เห็นได้อีกครั้งก็จะเป็นเรื่องแปลก และสร้างความน่าทึ่งให้กับมนุษยชาติอย่างยิ่ง

สิ่งที่มองเห็นได้ชัดเจน แต่อาจนึกไม่ถึงว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งต่อธรรมชาติในเอกภพคือ แรงความโน้มถ่วง ที่เห็นได้ชัดคือทำให้แอปเปิลหล่นจากต้นสู่พื้น ทำให้นิวตันเข้าใจเรื่องแรงความโน้มถ่วงมากขึ้น? แต่ที่ชัดกว่านั้นคือทำให้เกิดน้ำขึ้นน้ำลง (เห็นชัดสำหรับผู้ที่อยู่ใกล้ทะเล)? เรื่องราวเหล่านี้คงจะได้ทราบกันโดยทั่วไปอยู่แล้ว แต่อีกหลายคนคงยังไม่ทราบว่าผลของ

แรงความโน้มถ่วงนั้นมีอยู่ในเรื่องอื่น ๆ อีกแทบจะทุกเรื่อง เช่น ไม่เพียงแต่โลกเท่านั้นที่มีดวงจันทร์เป็นบริวาร แม้แต่ดาวเคราะห์น้อยที่ว่ามีขนาดเล็กแล้วก็ยังมีดาวบริวาร หรือเรียกให้ถูกต้องว่าดาวเคราะห์น้อยคู่ โคจรอยู่ด้วยกันได้ด้วย แน่นอนแม้ว่าแต่ละดวงมีขนาดเล็กแต่ผลจากแรงความโน้มถ่วงก็พอเพียงที่จะดึงดูดให้อยู่ด้วยกันเป็นคู่ หรือแม้แต่วงแหวนของดาวเสาร์ก็เกิดขึ้นจากผลของแรงความโน้มถ่วงเช่นกัน

ในเอกภพนี้ไม่มีอะไรหยุดนิ่ง มีการหมุน หรือมีการเคลื่อนไหวตลอดเวลาเมื่อเปรียบเทียบซึ่งกันและกันของวัตถุต่าง ๆ การหมุนรอบตัวเองของวัตถุต่าง ๆ ส่งผลตามมามากมาย เช่น ผลที่ทำให้โลกไม่กลม แต่เราอาจไม่รู้สึกถึงความไม่กลมนี้ ก็ให้ส่องกล้องไปดูที่ดาวพฤหัสบดี จะเห็นความแป้นของตัวดวงได้ง่าย เพราะดาวพฤหัสบดีหมุนเร็วเมื่อเทียบกับขนาดของตัวดวง และเป็นของไหลหรือก๊าซ ไม่เป็นดาวเคราะห์แข็งตัวเช่นโลก เป็นต้น

แรงความโน้มถ่วงในแต่ละวัตถุ ก็มีผลโดยตรงอย่างเห็นได้ชัดอยู่แล้ว และยิ่งถ้าวัตถุนั้นไม่ได้อยู่โดดเดี่ยว แต่มีวัตถุอื่นมาโคจรร่วมซึ่งกันและกัน เช่น กรณีโลกและดวงจันทร์ก็จะผมลัพธ์จากแรงความโน้มถ่วงมากระทำร่วมกันในลักษณะที่แตกต่างออกไปบางทีอาจเรียกว่า แรงไทดัล (tidal force) กรณีโลกและดวงจันทร์จะมีการโคจรรอบจุดศูนย์กลางมวลร่วม โดยที่จุดศูนย์กลางมวลนี้อยู่ภายในโลก ห่างจากใจกลางโลกออกมาเพียง 0.73เท่าของรัศมีโลก แรงไทดัลจากดวงจันทร์ทำให้เกิดน้ำขึ้นน้ำลง และมีผลบ้างที่ทำให้โลกไม่กลม แม้จะไม่มากเท่าผลของการหมุนรอบตัวเอง

กล่าวถึงดวงจันทร์ นอกจากมีผลทำให้เกิดน้ำขึ้นน้ำลง ยังเป็นแหล่งศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางภูมิศาสตร์และธรณีศาสตร์ได้อย่างดี ดวงจันทร์อยู่ใกล้พอที่จะส่องกล้องเห็นรายละเอียดบนพื้นผิดได้อย่างชัดเจน แม้ว่าในอดีตก่อนที่จะมีกล้องโทรทรรศน์ไม่มีใครนึกถึงว่าดวงจันทร์จะมีผิวที่ไม่เรียบเช่นนี้ ดวงจันทร์ถือว่าไม่มีบรรยากาศ ทำให้สังเกตเห็นพื้นผิวได้ชัดเจน และยิ่งมีข้างขึ้นข้างแรม แสงเงาจะช่วยเน้นลักษณะทางภูมิประเทศได้ง่าย สามารถคำนวณความสูงของภูเขาบนดวงจันทร์ ความสูงนี้เมื่อเปรียบเทียบกับบนโลกก็จะเป็นสัดส่วนที่น่าทึ่งทีเดียว จึงไม่แปลกเลยที่ว่าทุกคนจะไม่เคยเบื่อที่จะดูพื้นผิวของดวงจันทร์รวมทั้งนักดาราศาสตร์ที่ดูดวงดาวเป็นประจำด้วย

แม้ว่ากาลิเลโอเคยผิดพลาดมาแล้ว ในการสังเกตดวงอาทิตย์โดยตรงที่ว่าทำให้สายตาเสียในเวลาต่อมา ในที่สุดมนุษย์ก็รู้ถึงอันตรายของแสงอาทิตย์ทำให้มีการป้องกันมากขึ้น ทำให้การศึกษาดวงอาทิตย์เป็นไปได้อย่างปลอดภัย และพบว่าดวงอาทิตย์ก็หมุนรอบตัวเอง โดยเริ่มจากการพิจารณาได้จากการย้ายตำแหน่งของจุดมืดบนตัวดวง ยิ่งกว่านั้นก็มีการศึกษาดาวฤกษ์ดวงนี้

ดวงที่อยู่ใกล้โลกที่สุดด้วยวิธีอื่น ๆ อีกมากมายข้อมูลที่ได้มาฟังดูว่าง่าย แต่ในความเป็นจริงยากที่จะแสวงหาคำตอบมาได้ เช่น ต้องมีเครื่องวัดสเปกตรัมถูกพัฒนาขึ้นมาก่อน และล่าสุดในปีนี้เพิ่งจะมียานอวกาศที่ส่งเข้าไปใกล้ดวงอาทิตย์ได้จริง ๆ โดยไม่ถูกความร้อนทำลายไปก่อนเป็นต้น

เมื่อเอ่ยถึงที่มาของข้อมูลต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้รับรู้มาทุกวันนี้ ก็เข้าประเด็นของบทความนี้ว่า ไม่ว่าเทคโนโลยี และวิทยาศาสตร์จะก้าวหน้าไปเพียงใด อยากให้ตระหนักถึงพื้นฐานเบื้องต้นของการศึกษาไว้เสมอ ข้อมูลต่าง ๆ ที่สรุปมานี้ กว่าจะได้มาต้องมีนักวิทยาศาสตร์ทุ่มเทศึกษาในแต่ละรายละเอียด แต่ละชิ้นเล็กชิ้นน้อย แล้วค่อยมารวมเป็นภาพรวมที่กว้างขึ้น ครอบคลุมมากขึ้นต่อไปได้ ยกตัวอย่างเรื่องที่อยากรู้ เช่น มวลของโลกมีค่าเท่าใด เดิมทีเดียวศึกษาจากการใช้ตาชั่งที่มีมวลอยู่ซ้ายขวาของแขนตาชั่ง ถ้ามวลทั้งสองข้างเท่ากัน ตาชั่งก็จะได้สมดุลเพราะแรงความโน้มถ่วงของโลกกระทำมวลทางซ้าย เท่ากับมวลทางขวา ดังนั้นเมื่อนำมวลขนาดใหญ่มาวางใต้มวลทางซ้าย (ไม่ใช่วางบนตาชั่ง) ก็จะมีแรงความโน้มถ่วงจากมวลที่นำมาวางกระทำกับมวลทางซ้าย เพื่อให้ตาชั่งสมดุลอีกครั้งก็เพิ่มมวลทางขวาเล็กน้อย นำไปคำนวณหาแรงความโน้มถ่วงและมวลของโลกได้ ฟังดูง่ายแต่ในทางปฏิบัติมีสิ่งรบกวนระบบตาชั่งนี้มากมาย ต่อมาการคำนวณมวลของโลกก็พัฒนาโดยอาศัยการเคลื่อนที่ของดาวเทียม และใช้กฎเคปเลอร์คำนวณหามวลโลกได้ และต่อมาก็มีการใช้การคำนวณจากสนามแรงความโน้มถ่วง โดยหาระยะที่ห่างจากโลกแล้วตำแหน่งนั้นมีค่าความแรงของสนามแรงความโน้มถ่วงเท่ากับที่ได้รับจากดวงอาทิตย์เป็นต้น

นับตั้งแต่มีฝนดาวตกลีโอนิด ซึ่งมีขนาดใหญ่และจำนวนมากมายปรากฏให้เห็นในปี พ.ศ.2541 และคาดว่าจะกลับให้เห็นอีกในปี พ.ศ. 2574 ก็ทำให้ประชาชนทั่วโลกได้สนใจถึงเรื่องราวของดวงดาวที่ไม่ได้อยู่ไกลเกินเอื้อมได้เป็นอย่างดี เมื่อประมาณ 20 ปีมาแล้วได้มีดาวหางขนาดใหญ่ ที่เห็นชัดด้วยตาเปล่า ที่เห็นได้นานหลายวันหรือเห็นได้ตลอดทั้งคืนมาปรากฏบนท้องฟ้า เช่น ดาวหาง Hale-Bopp ดาวหาง Hyakutake เป็นต้น ดาวหางแบบนี้จะช่วยสื่อความสำคัญของดวงดาว และมนุษยชาติได้เป็นอย่างดี เพราะคนส่วนใหญ่จะมีโอกาสสัมผัสได้โดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์เสริมใด ๆ แม้ในช่วงนี้จะไม่มีวัตถุท้องฟ้าที่เห็นง่ายดังกล่าวเข้ามาอีก ก็ยังไม่ต้องหมดหวังสำหรับคนรุ่นใหม่ เพราะบางสิ่งอาจเข้ามาใกล้โลกได้เสมอโดยไม่ได้ทราบล่วงหน้ามาก่อน

การเปลี่ยนคาบของดาวแปรแสง AN Lyncis
Period change of Variable Star AN Lyncis

วรเชษฐ์ นาดี[1] พงษ์ศักดิ์ บุตรศรีภูมิ[1] และ รณกฤต รัตนมาลา[2*]
Worachet Nadee[1] Phongsak Butsriphom[1] and Ronnakrit Rattanamala[2*]
[1]คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
[2]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
[*] ronnakrit.r@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนคาบของดาวแปรแสง AN Lyncis โดยทำการเก็บข้อมูลที่หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา นครราชสีมา ด้วยกล้องซีซีดีโฟโตมิเตอร์ ผ่านแผ่นกรองแสงสีที่ตามองเห็น และสีแดง ที่ต่อเข้ากับกล้องโทรทรรศน์สะท้องแสงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เมตร จากการศึกษาแผนภาพ O-C พบว่าการเปลี่ยนคาบการแปรแสงของดาวแปรแสง AN Lyncis มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอัตรา 3.3682×10^{-12} วันต่อรอบ ซึ่งเกิดจากการขยายตัวของดาวแปรแสง และพบว่าแผนภาพ O-C มีแนวโน้มส่ายเป็นคาบ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการมีองค์ประกอบที่สองในดาวแปรแสง AN Lyncis

คำสำคัญ: AN Lyncis, ดาวแปรแสง, การเปลี่ยนคาบ

Abstract

This research was aimed to study the period change of variable star AN lyncis via the 0. 7-meter reflecting telescope with CCD photometric system in V and R bands at Regional Observatory for the Public Nakhon Ratchasima. The result of O-C diagram was shown that the increasing period change of AN Lyncis rate at 3.3682×10^{-12} day/cycle. The result appeared the AN lyncis was enlarge its radius. Moreover, the O-C diagram shown that the oscillate curve. This result may be due to the binary component in AN Lyncis.

Keywords: AN Lyncis, Variable star, Period change

บทนำ

ดาวแปรแสง (Variable star) เป็นดาวฤกษ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงความสว่าง หรือกำลังส่องสว่าง ซึ่งการศึกษาดาวแปรแสงจะเป็นการศึกษาเกี่ยวกับวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ (บุญรักษา สุนทรธรรม, 2528) โดยดาวแปรแสงแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ดาวแปรแสงจริง (Intrinsic variable) และ ดาวแปรแสงไม่จริง (Extrinsic variable)

ดาวแปรแสง AN Lyncis (BD+43°1894) (RA 09^{h} 14^{m} 28.69^{s} DEC 42° $46^{'}$ 38.2") เป็นดาวแปรแสงจริง ประเภทเดลต้า สคูที (Delta Scuti) ถูกค้นพบโดย Yamasaki, Okazaki และ Kitamura ในปี ค.ศ.1981 มีคาบการแปรแสง 0.0982747 วัน และมีชนิดสเปกตรัม A7 IV-V (Yamasaki, A., Okazaki, A. and Kitamura, M.. 1981) จาการศึกษาของ Hintz, E.G., Bush, T.C และ Rose, M.B. ในปี ค.ศ.2005 พบว่าคาบการแปรแสงของดาวแปรแสง AN Lyncis มีค่าเพิ่มขึ้น และมีค่าแอมพลิจูดมากขึ้น อย่างไรก็ตามค่าของ O-C อาจมีค่าลดลงในระยะ 2 ปี (Hintz, E.G., Bush, T.C and Rose, M.B.. 2005) ต่อมาในปี ค.ศ.2010 Li, L.J., Qian, S.B. และ Xiang, F.Y. ได้ทำการศึกษาดาวแปรแสง AN Lyncis พบว่าคาบการแปรแสงยังมีแนวโน้มที่มากขึ้น และพบการส่ายเป็นคาบ (Pulsation period) ในแผนภาพ O-C (Li, L.J., Qian, S.B. และ Xiang, F.Y..2010)

เนื่องจากมีการศึกษาการเปลี่ยนคาบการแปรแสงของดาวแปรแสง AN Lyncis มีการค้นพบและข้อสันนิษฐานเกี่ยวกับอัตราการแปรแสงซึ่งยังไม่เกิดความชัดเจน ดังนั้นการศึกษาดาวแปรแสง AN Lyncis ในครั้งนี้จะทำการศึกษาการเปลี่ยนคาบของดาวแปรแสง AN Lyncis จากแผนภาพ O-C เพื่อเป็นการตรวจสอบและยืนยันแนวโน้มของการเปลี่ยนคาบของดาวแปรแสง AN Lyncis

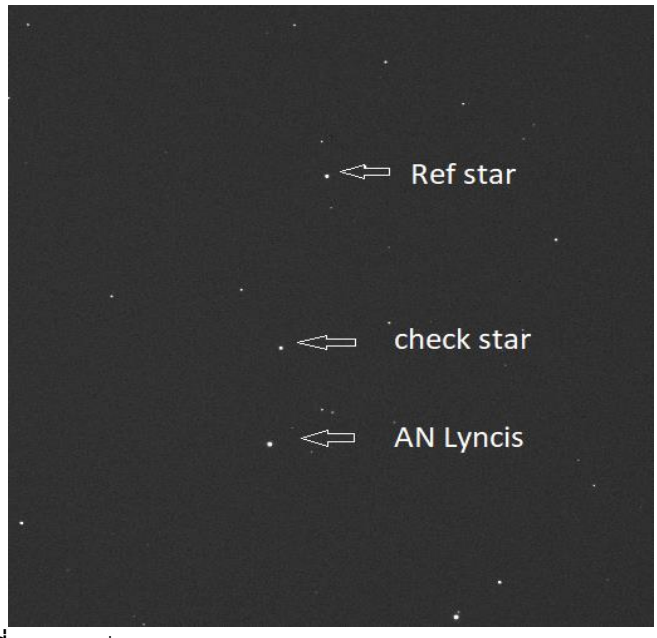
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาการเปลี่ยนคาบการแปรแสงของดาวแปรแสง AN Lyncis

วิธีดำเนินการวิจัย

การสังเกตการณ์ดาวแปรแสง AN Lyncis ในครั้งนี้จะดำเนินการ ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา นครราชสีมา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ด้วยกล้องซีซีดี โฟโตมิเตอร์ (CCD photometer) ผ่านแผ่นกรองแสงสีที่ตามองเห็น (V) และแสงสีแดง (R) ที่ต่อ

เข้ากับกล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เมตร และมีระบบตามดาวอัตโนมัติ ในคืนวันที่ 23 และ 24 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2560 ข้อมูลที่ได้จะเป็นภาพถ่ายดาวแปรแสง AN Lyncis โดยใช้ดาวฤกษ์ GSC 02990-00139 เป็นดาวตรวจสอบ (Check star) และดาวฤกษ์ TYC 2990-221-1 เป็นดาวเปรียบเทียบ (Reference star) ดังรูปที่ 1 และข้อมูลเบื้องต้นของดาวฤกษ์ทั้งสองแสดงดังตารางที่ 1 หลังจากนั้นภาพถ่ายทั้งหมดจะถูกนำไปกำจัดสัญญาณรบกวน (Reduction image) และวัดความเข้มแสงด้วยโปรแกรม IRIS แล้ววิเคราะห์หาค่าเวลาที่แสงมากที่สุด (Time of maximum) จากกราฟแสง และการเปลี่ยนคาบการแปรแสงจากแผนภาพ O-C (O-C diagram)



รูปที่ 1 ภาพถ่ายดาวแปรแสง AN Lyncis ดาวตรวจสอบ (check star) และดาวเปรียบเทียบ (Ref star)

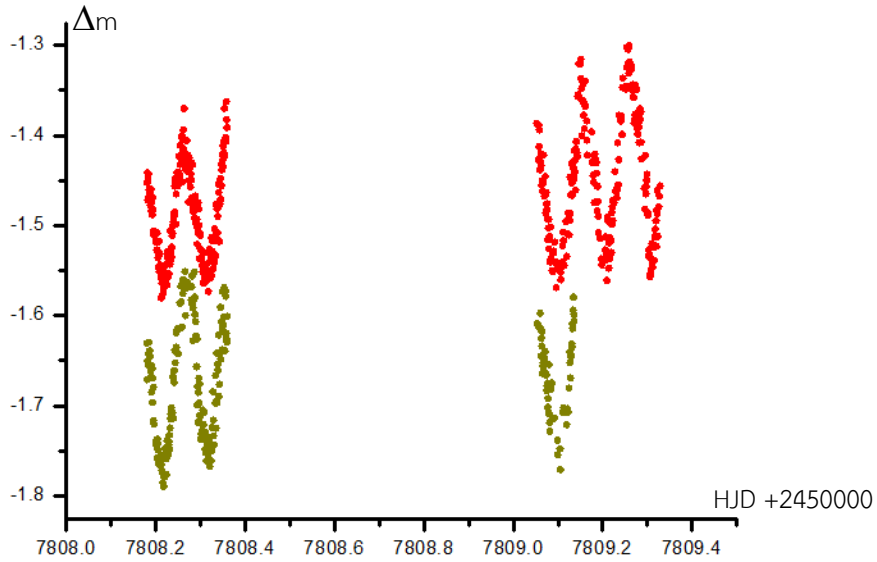
ตารางที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นของดาวตรวจสอบ (Check star) และดาวเปรียบเทียบ (Reference star)

Star	R.A.	Dec.	V
TYC 2990-221-1 (Reference star)	$9^h\ 14^m\ 53.41^s$	42° 51′ 12.28″	12.21
GSC02990-00139 (Check star)	$9^h\ 14^m\ 41.43^s$	42° 41′ 11.40″	12.8

ที่มา: simbad.u-strasbg.fr

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการวัดความเข็มแสงด้วยโปรแกรม IRIS ข้อมูลที่ได้จะถูกนำมาสร้างกราฟแสง ดังรูปที่ 2 และวิเคราะห์หาค่าเวลาที่แสงมากที่สุดจากการสังเกตการณ์แสดงดังตารางที่ 2



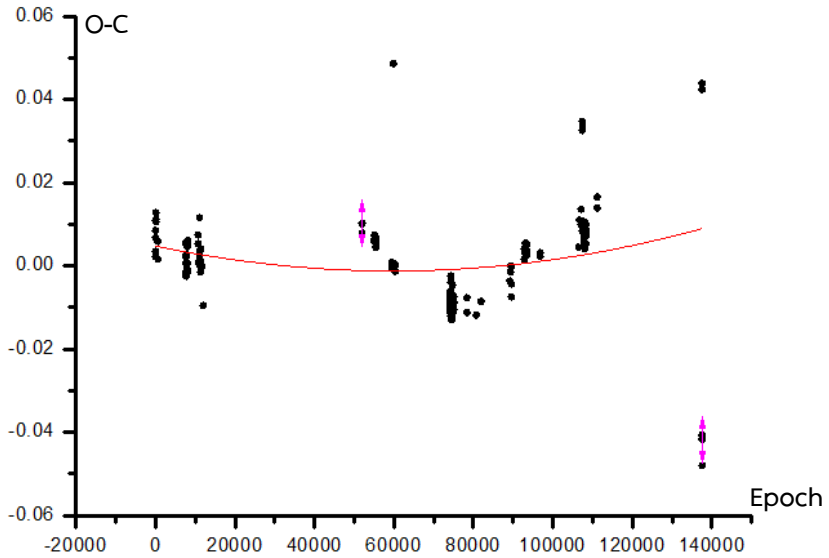
รูปที่ 2 กราฟแสงของดาวแปรแสง AN Lyncis จากการสังเกตการณ์

ตารางที่ 2 ค่าเวลาที่แสงมากที่สุดจากการสังเกตการณ์

HJD_{max}	Filters
2457808.2248	V และ R
2457808.3245	V และ R
2457809.1245	V และ R
2457809.2155	R
2457809.3200	R

จากตารางที่ 2 และรายงานค่าเวลาที่แสงมากที่สุดของ Rodriguez, E. และคณะ ในปี ค.ศ. 1997 รวมกับรายงานของ Hintz, E.G., Bush, T.C. และ Rose, M.B. ในปี ค.ศ.2005 และจากรายงานของ Li, L.J., Qian, S.B. และ Xiang, F.Y. ในปี ค.ศ. 2010 ทั้งหมดจำนวน 224 ข้อมูล โดยใช้สมการ Ephemeris ของ Li, L.J., Qian, S.B. และ Xiang, F.Y. ในปี ค.ศ. 2010 ที่คำนวณไว้ ดังสมการที่ 1 มาใช้ในการวิเคราะห์ค่าเวลาที่แสงมากที่สุด และสร้างแผนภาพ O-C ได้ดังรูปที่ 3

$$HJD_{max}=2444291.0232+0.09827445E \qquad 1$$



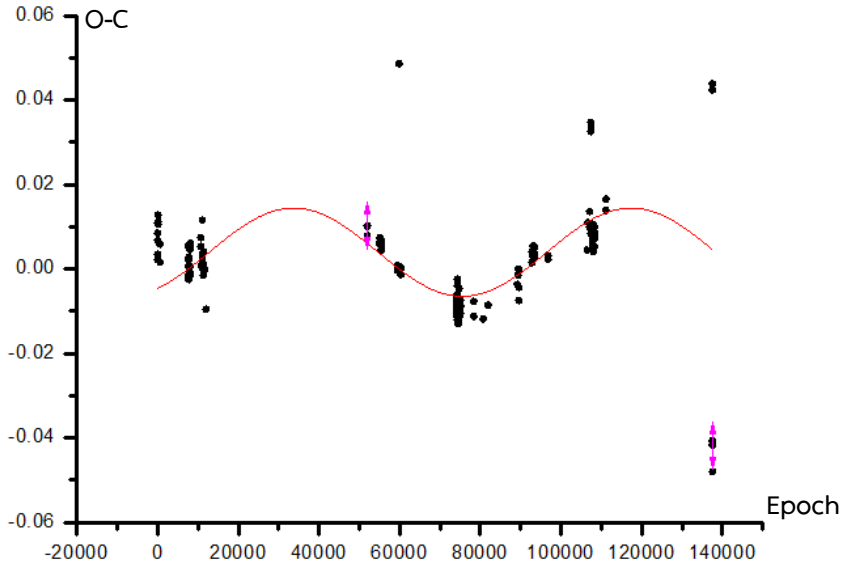
รูปที่ 3 แผนภาพ O-C

จากรูปที่ 3 สามารถวิเคราะห์การเปลี่ยนคาบการแปรแสงของดาวแปรแสง AN Lyncis พบว่ามีคาบการแปรแสงเพิ่มขึ้น อธิบายดังสมการที่ 2 และคำนวณอัตราการเปลี่ยนคาบการแปรแสงได้ 3.3682×10^{-12} วันต่อรอบ ซึ่งอาจเกิดจากการขยายตัวตามแนวรัศมีเพิ่มขึ้นตามความสัมพันธ์ $P \propto \frac{1}{\sqrt{\rho}}$ และเมื่อพิจารณาแผนภาพ O-C พบว่าลักษณะแนวโน้มส่ายเป็นคาบ และอธิบายได้ดังสมการที่ 3 ดังรูปที่ 4

$$O\text{-}C = 0.0048 - 2.0176 \times 10^{-7} E + 1.6841 \times 10^{-12} E^2 \qquad 2$$

$$dP/dE = 2(1.6841 \times 10^{-12})$$

$$= 3.3682 \times 10^{-12} \text{ วันต่อรอบ}$$



รูปที่ 4 แผนภาพ O-C กับแนวโน้มส่ายเป็นคาบ

$$O - C = 0.004 - 0.0104 \sin\left(\frac{\pi(E - 54626.913)}{41842.602}\right) \qquad 3$$

จากรูปที่ 4 พบว่าแผนภาพ O-C มีแนวโน้มส่ายเป็นคาบ ซึ่งผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าอาจมีองค์ประกอบอื่นภายในดาวแปรแสง AN Lyncis สอดคล้องกับรายงานของ Hintz, E.G., Bush, T.C. และ Rose, M.B. ในปี ค.ศ.2005 กับรายงานของ Li, L.J., Qian, S.B. และ Xiang, F.Y. ในปี ค.ศ. 2010 และจากสมการที่ 3 พบว่ามีค่า Semi-amplitude 0.0104^{d} และคาบวงโคจร 22.52 ปี ซึ่งเมื่อเทียบกับรายงานของ Li, L.J., Qian, S.B. และ Xiang, F.Y พบว่าค่า Semi-amplitude เพิ่มขึ้นประมาณ 0.0004^{d} และคาบวงโคจรมีค่ามากกว่า โดย Li, L.J., Qian, S.B. และ Xiang, F.Y. คำนวณได้ 17.7 ปี ซึ่งอาจเป็นเพราะคาบการเปลี่ยนแปลงที่มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ระยะทางเพิ่มขึ้นตามกฎของเคปเลอร์ข้อที่ 3 ($P^2 \propto a^3$) อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาดาวแปรแสง AN Lyncis อย่างต่อเนื่องเพื่อเป็นการยืนยันข้อมูลการมีองค์ประกอบที่ 2 ในดาวแปรแสง AN Lyncis

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการเปลี่ยนคาบการแปรแสงของดาวแปรแสง AN Lyncis ด้วยแผนภาพ O-C พบว่าคาบการแปรแสงมีค่าเพิ่มขึ้นในอัตรา 3.3682×10^{-12} วันต่อรอบ ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมาก็พบว่าดาวแปรแสง AN Lyncis มีคาบการแปรแสงเพิ่มมากขึ้น ซึ่งอาจเกิดจากการขยายตัวตามแนวรัศมีของดาวแปรแสง AN Lyncis อย่างต่อเนื่อง และพบว่าแผนภาพ O-C มีแนวโน้มส่ายเป็นคาบซึ่งอาจมีองค์ประกอบที่ 2 ภายในดาวแปรแสง AN Lyncis โดยพบว่า Semi-amplitude เท่ากับ 0.0104^{d} และคาบวงโคจร 22.52 ปี

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนพรรษา นครราชสีมา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่อนุเคราะห์สถานที่ และอุปกรณ์สำหรับการเก็บข้อมูลในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

บุญรักษา สุนทรธรรม. (2528). **ดาราศาสตร์ทั่วไป เล่ม 2.** ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. จังหวัดเชียงใหม่.

Hintz, E.G., Bush, T.C. and Rose, M.B.. (2005). “MONITORING THREE LESS-STUDIED δ SCUTI VARIABLE: GW URSAE MAJORIS,BO LYNCIS, AND

AN LYNCIS". **The Astronomical Journal**, 2005 (130), 2876-2883.

Li, L.J., Qian, S.B. and Xiang, F.Y.. (2010). "A Period Investigation of the δ Scuti Star AN Lyncis". **Publications of the Astronomical Society of Japan**. 2010 (62), 987-991.

Rodriguez, E., Gonzalez-Bedolla, S.F., Rolland, A., Costa, V. and Lopez de Coca, P. (1997). "AN Lyn: an unusual medium amplitude δ Sct star". **Astronomy and Astrophysics**. 1997(324), 959-964.

Yamasaki, A., Okazaki, A. and Kitamura, M.. (1981). "BD+43°1894: A new δ Scuti Star". **The Astronomical Society of the Pacific**. 1981 (93), 77-81.

การศึกษากระจุกดาว M37

The Study of M37 Cluster

ตระกูลเกียรติ ปัดภัย[1] คุณานนต์ รอญศึก[1] ณัฐวุฒิ จงเพียร[1] และ รณกฤต รัตนมาลา[2*]
Trakunkaid Patpai[1] Kunanon Ronsuk[1] Nattawut Chongphiar[1]
and Ronnakrit Rattanamala[2*]
[1]คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
[2]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
[*] ronnakrit.r@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระจุกดาว M37 ได้แก่ ชนิดสเปกตรัมของดาวฤกษ์ในกระจุกดาว, ระยะทาง และอายุของกระจุกดาว M37 โดยเก็บข้อมูลภาพถ่ายในช่วงแสงสีน้ำเงินและแสงสีที่ตามองเห็น ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา นครราชสีมา ด้วยกล้องซีซีดี ที่ต่อเข้ากับกล้องโทรทรรศน์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 70 เซนติเมตร ผลการศึกษาพบว่าดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M37 มีชนิดสเปกตรัม B,A,F,G,K และ M และคำนวณระยะทางได้ 1,513.56 พาร์เซก และอายุ 527.82 ล้านปี

คำสำคัญ: M37 Cluster, กระจุกดาว, คุณสมบัติของดาวฤกษ์

Abstract

This research was aimed to study M37 cluster in term of spectrum type of stars, distance and age. The data was observed at Regional Observatory for the Public Nakhon Ratchasima, National Astronomical Research Institute of Thailand (Public Organization) by CCD photometer in B and V bands connected to a 70 centimeter telescope. The results were shown that the spectrum type of star was B,A,F,G,K and M, the distance was 1,513.56 pc and age was 527.82 billion year.

Keywords: M37 Cluster, Star cluster, Star properties

บทนำ

ดาวฤกษ์เป็นวัตถุท้องฟ้าที่สามารถปลดปล่อยพลังงานได้เอง โดยดาวฤกษ์ที่อยู่ร่วมกันจะเรียกว่ากระจุกดาว การศึกษาดาวฤกษ์ในกระจุกดาวจะทำให้เข้าใจถึงชนิดของดาวฤกษ์ อีกทั้งยังทำให้เข้าใจสมบัติต่างๆ ของดาวฤกษ์ เช่น ดัชนีสี อุณหภูมิ ยังผล เป็นต้น ตลอดจนสามารถวิเคราะห์ระยะห่างและอายุของกระจุกดาวโดยใช้ดาวฤกษ์ในกระจุกดาว ได้อีกด้วย

กระจุกดาว M37(NGC 2099) ตำแหน่ง R.A.(2000) 5^{h} 52^{m} 18^{s} Dec.(2000) $+32^{o}$ 33’ 1” อยู่ในกลุ่มดาวสารถี (Auriga) (Messier Object List) จากการศึกษาของในช่วงท้ายตั้งแต่ในปี ค.ศ.2009 โดย Hartman, J.D. และคณะ พบว่ากระจุกดาว M37 มีอายุประมาณ 550 ล้านปี ต่อมาในปี ค.ศ. 2016 Nunez, A. และ Agueros, M.A พบว่ากระจุกดาว M37 มีดาวฤกษ์หลากหลายชนิดสเปกตรัม ได้แก่ G,K และ M (Nunez, A. and Agueros, M.A., 2016) โดยการศึกษาในช่วงหลังนี้พบว่ากระจุกดาว M37 มีความน่าสนใจต่อการศึกษาสมบัติต่างๆ เป็นอย่างมาก เช่น ชนิดสเปกตรัมของดาวฤกษ์ ระยะทาง และอายุของกระจุกดาว M37 ดังนั้นการศึกษากระจุกดาว M37 ในครั้งนี้จะทำการศึกษาสมบัติดังกล่าว เพื่อศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของกระจุกดาว M37

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาสมบัติของกระจุกดาว M37 ได้แก่ ชนิดสเปกตรัมของดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M37, ระยะทาง และอายุของกระจุกดาว M37

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาสมบัติของกระจุกดาว M37 ได้ทำการเก็บข้อมูลภาพถ่าย ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา นครราชสีมา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ด้วยกล้องซีซีดี โฟโตมิเตอร์ (CCD photometer) ผ่านแผ่นกรองแสงสีน้ำเงิน (B) และแสงสีที่ตามองเห็น (V) โดยต่อเข้ากับกล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เมตร และมีระบบตามดาวอัตโนมัติ ในวันที่ 27 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2560 ข้อมูลภาพที่ได้จะนำไปกำจัดสัญญาณรบกวน (Reduction image) ด้วยโปรแกรม IRIS และทำการวัดค่าโชตมาตรด้วยโปรแกรม Aperture Photometry Tool (APT) โดยใช้ดาวฤกษ์

HD 39183 (RA 5^h 52^m 18.8399^s , Dec. $+32^o$ 33' 10.038" , B=10.69 , V=9.16) เป็นดาวอ้างอิง ดังรูปที่ 1

เมื่อได้ข้อมูลโชติมาตรแล้วก็จะนำค่าที่ได้มาปรับเพื่อให้ได้ค่าโชติมาตรปรากฏแท้จริงทั้ง 2 แสงสี จากนั้นนำค่าที่ได้มาหาค่าดัชนีสี (B-V) แล้วคำนวณหาค่าอุณหภูมิยังผล (T_{eff}) จากสมการที่ 1 (บุญรักษา สุนทรธรรม, 2530) และทำการวิเคราะห์ชนิดสเปกตรัมจากอุณหภูมิยังผลที่คำนวณได้

$$\frac{1}{T_{\text{eff}}} = \left(9.5230\times10^{-5}\right) + \left(1.32488\times10^{-4}\right)\left(B-V\right) \qquad 1$$

และจากข้อมูลที่วิเคราะห์ได้ก็จะนำมาสร้างแผนภาพ H-R (H-R Diagram) โดยแกนนอนคือค่าดัชนีสี และแกนตั้งคือค่าโชติมาตรปรากฏในแสงสีที่ตามองเห็น แล้วนำไปเทียบกับแผนภาพ H-R มาตรฐานของ Hipparcos Data (University of Victoria) เพื่อประมาณตำแหน่ง Turn-off point เพื่อที่จะนำไปคำนวณหาค่าระยะทาง และอายุของกระจุกดาว M37 ตามสมการที่ 2 และสมการที่ 3 ตามลำดับ (บุญรักษา สุนทรธรรม, 2550)

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

$$\frac{t}{t_{\odot}} = \left(\frac{10^{\frac{m-m_{\odot}}{-2.5}}}{\left(\frac{d_{\odot}}{d}\right)^2} \right)^{\frac{1}{-1.4}} \qquad 3$$

เมื่อ M คือ โชติมาตรสัมบูรณ์

m คือ โชติมาตรปรากฏ

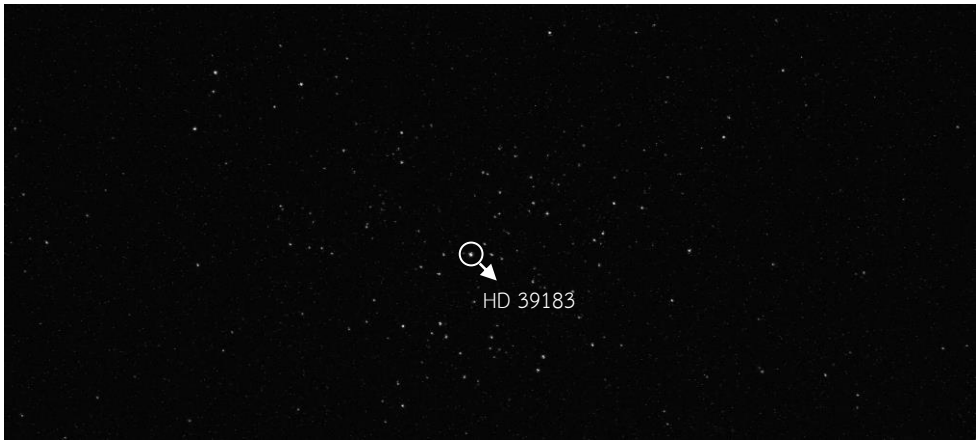
$m_{\odot}$ คือ โชติมาตรปรากฏของดวงอาทิตย์ (-26.8)

$d_{\odot}$ คือ ระยะทางจากดวงอาทิตย์กับโลก (4.85×10^{-6} พาร์เซก)

d คือ ระยะห่างของกระจุกดาว M37 กับโลก ในหน่วย พาร์เซก

t คือ อายุของกระจุกดาว M37

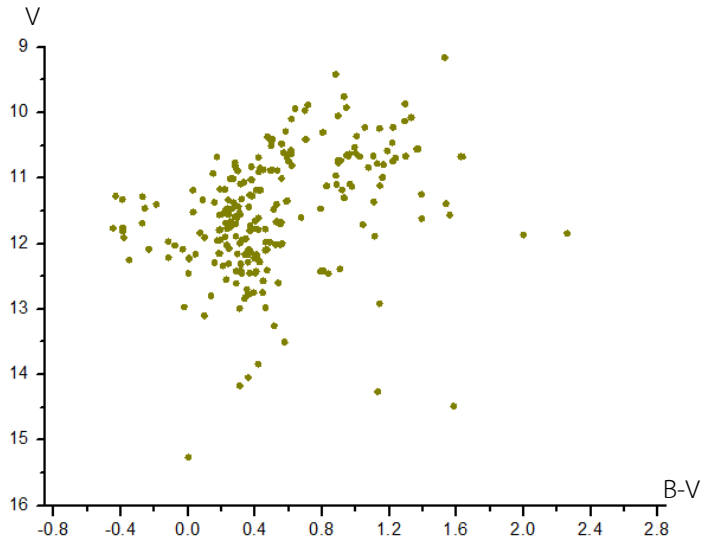
$t_{\odot}$ คือ อายุของดวงอาทิตย์ (10^{10} ปี)



รูปที่ 1 ภาพถ่ายกระจุกดาว M37 และดาวอ้างอิง

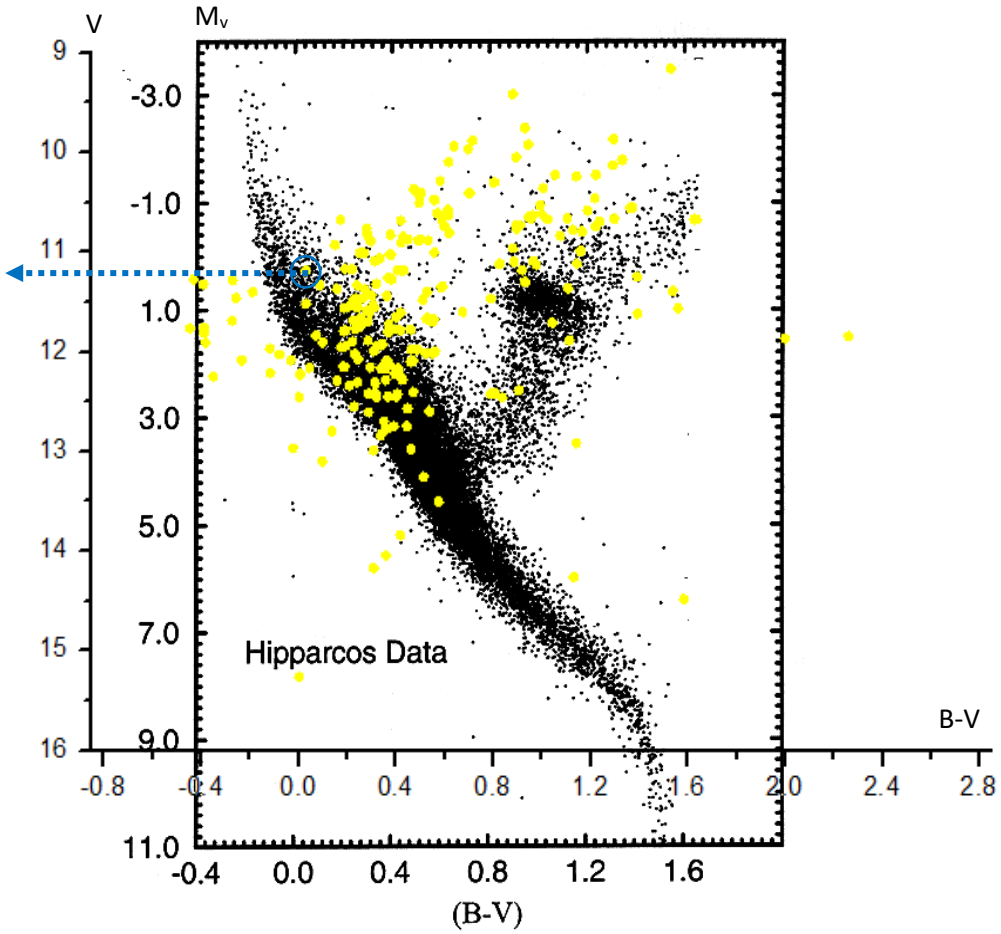
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากข้อมูลที่วิเคราะห์ได้ด้วยโปรแกรม Aperture Photometry Tool ข้อมูลดาวฤกษ์ที่ได้ จำนวน 325 ข้อมูล และทำการปรับค่าโชติมาตรปรากฏทั้งหมด สามารถสร้างแผนภาพ H-R ได้ดังรูปที่ 2 ซึ่งวิเคราะห์ชนิดสเปกตรัมโดยการคำนวณหาค่าดัชนีสี (B-V) และคำนวณหาอุณหภูมิยังผลจากสมการที่ 1 แล้วเปรียบเทียบอุณหภูมิที่ได้กับชนิดสเปกตรัมของดาวพบว่า ดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M37 มีชนิดสเปกตรัม B,A,F,G,K และ M



รูปที่ 2 แผนภาพ H-R จากข้อมูลสังเกตการณ์

เมื่อนำแผนภาพ H-R ที่ได้ไปเทียบกับแผนภาพ H-R มาตรฐาน ดังรูปที่ 3 โดยการประมาณจากภาพพบว่าตำแหน่ง Turn-off point มีค่าโชติมาตรปรากฏในแสงสีที่ตามองเห็น 11.2 ตรงกับโชติมาตรสัมบูรณ์ 0.3 คำนวณระยะห่างโดยใช้สมการที่ 2 ได้ 1,513.56 พาร์เซก ซึ่งมีค่ามากกว่าฐานข้อมูล Messier Object ที่รายงานว่ามีระยะทาง 1,383.06 พาร์เซก (4,511 ปีแสง) (Messier Object List) ซึ่งอาจเกิดจากการเคลื่อนที่ออกห่างจากระบบสุริยะของเรา เพราะมีความเร็วในแนวรัศมี +8.3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (SIMBAD Astronomical Data Base)



รูปที่ 3 เปรียบเทียบแผนภาพ H-R จากการสังเกตการณ์ กับ H-R มาตรฐาน ของ Hipparcos Data

เมื่อพิจารณาอายุของกระจุกดาว M37 จากตำแหน่ง Turn-off point โดยใช้สมการที่ 3 สามารถคำนวณอายุได้ 527.82 ล้านปี ซึ่งใกล้เคียงกับ Hartman, J.D. และคณะ ที่วิเคราะห์ไว้ในปี ค.ศ.2009 ที่ 550 ล้านปี

สรุปผลการวิจัย

การศึกษากระจุกดาว M37 ในครั้งนี้ สามารถวิเคราะห์ชนิดสเปกตรัมของดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M37 ว่ามีชนิดสเปกตรัม B,A,F,G,K และ M โดยใช้การเปรียบเทียบจากอุณหภูมิยังผลของดาวที่คำนวณโดยค่าดัชนีสี ซึ่งพบว่าดาวฤกษ์ในกระจุกดาวมีความหลากหลายของชนิดสเปกตรัม และเมื่อวิเคราะห์ระยะทางของกระจุกดาวกับโลกจากตำแหน่ง Turn-off point ของแผนภาพ H-R และทำการคำนวณ พบว่ามีระยะทางห่างจากโลก 1,513.56 พาร์เซก ซึ่งมีค่ามากกว่าฐานข้อมูล Messier Object ที่รายงานว่ามีระยะทาง 1,383.06 พาร์เซก (4,511 ปีแสง) (Messier Object List) โดยอาจเกิดจากการเคลื่อนที่ออกห่างจากระบบสุริยะของเรา เพราะกระจุกดาว M37 มีความเร็วในแนวรัศมี +8.3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาวัดสเปกตรัมของกระจุกดาว M37 เพิ่มเติม เพื่อวิเคราะห์หาค่าความเร็วในแนวรัศมีจากการสังเกตการณ์ และคำนวณอายุของกระจุกดาว M37 ได้ 527.82 ล้านปี ซึ่งใกล้เคียงกับ Hartman, J.D. และคณะ ที่วิเคราะห์ไว้ในปี ค.ศ.2009 ที่ 550 ล้านปี

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนพรรษา นครราชสีมา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่อนุเคราะห์สถานที่ และอุปกรณ์สำหรับการเก็บข้อมูลในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

บุญรักษา สุนทรธรรม, พรพจน์ พจนามาตร์ และ อนิวรรต สุขสวัสดิ์. 2530. การศึกษาอุณหภูมิสัมฤทธิ์ของสมาชิกในกระจุกดาวเปิดโดยเทคนิคโฟโตเมตรี. ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. จังหวัดเชียงใหม่.

บุญรักษา สุนทรธรรม. 2550. ดาราศาสตร์ฟิสิกส์. ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. จังหวัดเชียงใหม่.

Hartman, J. D. et al.. (2009). DEEP MMT TRANSIT SURVEY OF THE OPEN CLUSTER M37. III. STELLAR ROTATION AT 550 Myr. The Astrophysical Journal. Volum 691. Number1. 342-364.

Nunez, A. and Agueros, M.A., 2016. THE X-RAY LUMINOSITY FUNCTION OF M37 AND THE EVOLUTION OF CORONAL ACTIVITY IN LOW-MASS STARS. The Astrophysical Journal. Volum 830, Number1. 1-13.

Messier Object List. Available at: URL: http://www.messier-objects.com/messier-37/. Accessed Dec 6, 2017.

SIMBAD Astronomical Database - CDS (Strasbourg). Available at: URL: http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/~. Accessed Dec 1, 2017.

University of Victoria. Available at: URL: http://orca.phys.uvic.ca/astrocourses/a120/A120/lab5.html. Accessed Dec 6, 2017.

การศึกษาสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่ ε CrA ด้วยกล้องโทรทรรศน์หักเหแสงขนาดเล็กร่วมกับกล้องดีเอสแอลอาร์

Study of Physical Properties of the Binary Star System ε CrA Using a Small Refractor Telescope with a DSLR Camera

ณัฐพงษ์ วิรุณพันธ์[1*] และ วรวัฒน์ พรหมเด่น[1]
Nuttapong Wirunphan[1] and Worrawat Promden[1]
[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
[*] NuT19721@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่ ε CrA ด้วยกล้องโทรทรรศน์หักเหแสงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 มิลลิเมตร ร่วมกับกล้องดีเอสแอลอาร์ (DSLR) ประมวลผลภาพถ่ายแสงของดาวด้วยโปรแกรม IRIS 5.59 และประมวลผลข้อมูลด้วยโปรแกรม PHOEBE 1.0 พบว่าดาว ε CrA A มีมวล 1.870662 $M_\odot$ รัศมีดาว 2.136640 $R_\odot$ และแมกนิจูดของดาวเป็น 5.069680 ในขณะที่ดาว ε CrA B มีมวล 0.232710 $M_\odot$ รัศมีดาว 0.83794 $R_\odot$ และแมกนิจูดของดาวเป็น 2.639203 ข้อมูลทางกายภาพและกราฟแสงของระบบดาวคู่ ε CrA ที่ได้สอดคล้องกับสมบัติของระบบดาวคู่แบบสัมผัสกันประเภทดาวคู่อุปราคาดับเบิลยู เออร์ซา เมเจอริส

คำสำคัญ: ระบบดาวคู่, ดาวเอปไซลอนของกลุ่มดาวมงกุฎใต้ (ε CrA), กล้องดีเอสแอลอาร์

Abstract

A study of physical properties of Binary star system ε CrA was performed using a 80 mm refractor telescope with DSLR camera. Data analysis was conducted using IRIS 5.59 and PHOEBE 1.0 . The results showed that the physical parameters for ε CrA A and B are stellar masses, M_1 = 1.870662 $M_\odot$ and M_2 = 0.232710 $M_\odot$; stellar radii, R_1 =2.136640 $R_\odot$ and R_2 =0.83794 $R_\odot$; magnitude, m_1 = 5.069680 and m_2 = 2.639203 . The physical parameters and a light curve of ε CrA correspond to a contact binary star system that has the defining characteristics of a W UMa-type eclipsing binary.

Keywords: Binary star system, ε Coronae Australis (ε CrA), DSLR camera

บทนำ

ระบบดาวคู่อุปราคา (eclipsing binaries) เป็นระบบดาวที่มีดาวฤกษ์สองดวงโคจรรอบกัน สามารถสังเกตได้จากการเปลี่ยนแปลงความสว่างในขณะที่ดาวทั้งสองดวงบดบังกัน เรียกว่าการเกิดอุปราคา (eclipse) เมื่อสังเกตและติดตามความสว่างของแสงดาวในระยะเวลาหนึ่งจะพบการเปลี่ยนแปลงของความสว่างสองระดับ โดยการลดลงของแสงในปริมาณที่มากที่สุดเนื่องจากดาวที่มีความสว่างมากกว่าถูกบดบังด้วยดาวที่มีความสว่างน้อยกว่า เรียกว่า อุปราคาปฐมภูมิ (primary eclipse) ในทางกลับกันเมื่อดาวที่มีความสว่างมากกว่าโคจรมาอยู่ข้างหน้าจะมีการลดลงของความสว่างในปริมาณที่น้อยกว่าอุปราคาปฐมภูมิ เรียกว่าอุปราคาทุติยภูมิ (secondary eclipse) โดยสามารถจำแนกระบบดาวคู่อุปราคาได้เป็น 3 ประเภทคือ อัลกอล (Algol) บีตา ไรรี (Beta Lyrae) และ ดับเบิลยู เออร์ซา เมเจอร์ (W Ursae Majoris)

ดาวเอปไซลอนของกลุ่มดาวมงกุฎใต้ (Epsilon Coronae Australis, ε CrA ; HR 7152, HD 175813) เป็นดาวที่สว่างที่สุดในกลุ่มดาวแปรแสงชนิดดับเบิลยู เออร์ซา เมเจอริส (W Ursae Majoris variable) หรือ ดาวคู่สัมผัสกันมวลน้อย (low mass contact binary) มีความสว่างปรากฏ (apparent magnitude) 4.73 และจัดเป็นดาวคู่แปรแสงอุปราคา (eclipsing binary variable star) มีคาบการโคจร (period) 0.59143357 วัน หรือ 14.194 ชั่วโมง (Shobbrook & Zola, 2006; Wilson & Raichur, 2011) มีระยะห่างจากดวงอาทิตย์ 97 ปีแสง (Eker, Bilir, Yaz Gökçe, Demircan, & Helvaci, 2008) มีอายุ 2.83 ± 0.28 พันล้านปี (Yıldız, 2014) การศึกษาทาง spectroscopic orbit มีการพบองค์ประกอบของวงโคจร (orbital elements) คือ K_1=34.5 km/s K_2=266.9 km/s และ γ=57.9 km/s (Goecking & Duerbeck, 1993)

ในการศึกษาดาวคู่อุปราคาจะมีการเก็บข้อมูลการแปรแสงของดาว ซึ่งเป็นข้อมูลอย่างง่ายและสามารถใช้อุปกรณ์ทางดาราศาสตร์พื้นฐานได้ การวิจัยนี้จึงได้เลือกใช้กล้องโทรทรรศน์ขนาดเล็ก 80 มิลลิเมตร และกล้องถ่ายภาพดีเอสแอลอาร์ (DSLR) ที่มีตัวรับสัญญาณภาพแบบ CMOS ในการเก็บบันทึกข้อมูลการแปรแสงของดาวคู่ ε CrA และวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดาวคู่เปรียบเทียบกับข้อมูลอ้างอิง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของกล้องโทรทรรศน์ขนาดเล็กและกล้องถ่ายภาพดีเอสแอลอาร์ในการบันทึกการแปรแสงของดาว เพื่อหาแนวทางการประยุกต์ใช้ชุดอุปกรณ์เก็บข้อมูลทางดาราศาสตร์อย่างง่ายเพื่อการจัดการเรียนการสอนดาราศาสตร์สำหรับนักเรียนและนักศึกษา

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อประเมินประสิทธิภาพของกล้องโทรทรรศน์ขนาดเล็กและกล้องถ่ายภาพดีเอสแอลอาร์ในการบันทึกการแปรแสงของดาว

2. เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดาวคู่ ε CrA เปรียบเทียบกับค่าอ้างอิง

3. เพื่อหาแนวทางการประยุกต์ใช้ชุดอุปกรณ์เก็บข้อมูลทางดาราศาสตร์อย่างง่ายเพื่อการจัดการเรียนการสอนดาราศาสตร์สำหรับนักเรียนและนักศึกษา

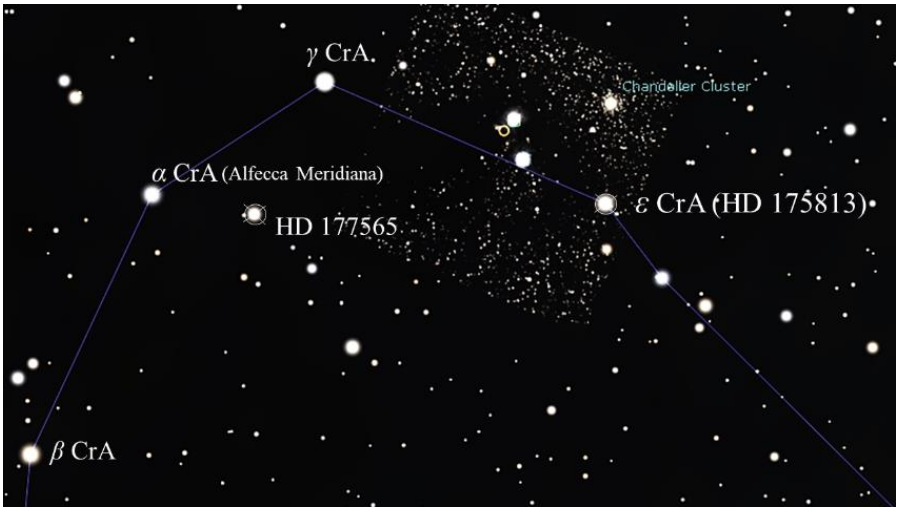
วิธีดำเนินการวิจัย

การคัดเลือกดาวที่จะศึกษา

สืบค้นข้อมูลดวงดาวจาก CDS (Centre de Données astronomiques de Strasbourg) เว็บไซต์ http://cds.u-strasbg.fr/ เพื่อหาดาวที่มีแมกนิจูดเหมาะสมสำหรับการสังเกตผ่านกล้องโทรทรรศน์ขนาด 80 มิลลิเมตร และมีคาบไม่ยาวนานเกินไป มีการขึ้น-ตกของดาวในทิศและช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับผู้สังเกต งานวิจัยนี้ได้เลือกระบบดาวคู่เอปไซลอนของกลุ่มดาวมงกุฎใต้ (Epsilon Coronae Australis , ε CrA, HD 175813) และดาวอ้างอิง (reference star) คือดาว HD 177565

การบันทึกภาพการแปรแสงของดาว

ทำการถ่ายภาพดาวคู่ ε CrA ในกลุ่มดาวดาวมงกุฎใต้ (RA: 18h 58m 43.37714s, DEC: −37° 06′ 26.4865″) ให้ปรากฏบนเฟรมเดียวกับดาวอ้างอิง HD 177565 (RA: 19h 06m 52.46471s, DEC: −37° 48′ 52.46471″) ในระหว่างวันที่ 19 พฤษภาคม พ.ศ. 2560 ถึงวันที่ 1 สิงหาคม พ.ศ. 2560 (ระยะเวลา 74 วัน) โดยใช้กล้องโทรทรรศน์ชนิดหักเหแสง รุ่น Orion ED80 ; Optical diameter 80mm (Extra low dispersion FPL-53); Focal length 600 mm; Focal ratio f/7.5 และบันทึกภาพด้วยกล้องดีเอสแอลอาร์ (DSLR) รุ่น Nikon D3400 เซ็นเซอร์ภาพแบบ Complementary Metal Oxide Semiconductor (CMOS) ขนาดเซ็นเซอร์ 23.5 mm x 15.6 mm ตั้งค่า International Organization for Standardization (ISO) 800 ; Shutter Speed 1/40 sec สถานที่สังเกตคือ อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด ประเทศไทย



รูปที่ 1 ดาวคู่ ε CrA ในการศึกษา และดาว HD 177565 ซึ่งใช้เป็นดาวอ้างอิง
(**ที่มา:** Stellarium 0.14.3 : 2560)

การประมวลผลภาพถ่าย

นำภาพถ่ายดาวคู่ ε CrA ที่บันทึกได้ตลอดระยะเวลา 74 วัน จำนวนทั้งสิ้น 1005 ภาพ ประมวลผลด้วยโปรแกรม IRIS (version 5.59) ด้วยคำสั่ง Aperture Photometry ซึ่งโปรแกรมจะคำนวณค่า Intensity ของดาว ε CrA (I_1) และดาวอ้างอิง HD 177565 (I_2) ของแต่ละภาพ จากค่า Intensity ของดาวทั้งสอง สามารถคำนวณหาค่าแมกนิจูด (magnitude) ของ ε CrA (m_1) ได้จากสมการที่ (1) ดังนี้

$$m_1 - m_2 = -2.5 \log_{10} \frac{I_1}{I_2} \qquad (1)$$

กำหนดให้

m_1 คือ แมกนิจูดของดาว ε CrA

m_2 คือ แมกนิจูดของดาวอ้างอิง HD 177565 มีค่า 6.15

I_1 คือ Intensity ของดาว ε CrA

I_2 คือ Intensity ของดาวอ้างอิง HD 177565

จากค่าแมกนิจูดของ ε CrA (m_1) ที่ได้ จะสามารถใช้คำนวณหาฟลักซ์ (Flux, f) ของแสงดาว ซึ่งหมายถึงค่าปริมาณแสงต่อพื้นที่ต่อเวลาของแสงดาวคู่ ε CrA ของแต่ละภาพ ได้โดยใช้สมการที่ (2) ดังนี้

$$f = 10^{-m_1/2.5} \qquad (2)$$

แปลงค่าฟลักซ์ของแสงดาวแต่ละค่าให้เป็นค่านอร์มัลไลซ์ฟลักซ์ (normalized flux) และป้อนค่านอร์มัลไลซ์ฟลักซ์ลงในโปรแกรม PHOEBE 1.0 (PHysics Of Eclipsing BinariEs) (Zwitter, 2005) พร้อมกับป้อนค่าพารามิเตอร์ (input parameter) ของระบบดาวคู่ ε CrA ที่มีรายงานก่อนหน้านี้ (Wilson & Raichur, 2011) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์ของระบบดาวคู่ ε CrA[a] ที่ใช้ป้อนลงในโปรแกรม PHOEBE 1.0

Ephemeris	
HJD_0 (Time of eclipse minimum)	2442296.95907
Period (Day)	0.59143357
System	
SMA (Semi-major axis in solar radii)	3.795
RM (Mass ratio)	0.1244
INCL (Inclination in degrees)	73.05
Component	
TAVH (Primary star effective temperature in K)	6481
TAVC (Secondary star effective temperature in K)	5939
PHSV (Primary star surface potential)	3.15362
PCSV (Secondary star surface potential)	1.76032

[a] (Wilson & Raichur, 2011)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ใช้เทคนิคการถ่ายภาพแสงดาวของระบบดาวคู่ ε CrA ผ่านกล้องโทรทรรศน์ขนาด 80 มิลลิเมตร และใช้เซ็นเซอร์รับภาพแบบ CMOS ของกล้องดีเอสแอลอาร์ ประมวลผลภาพถ่ายการแปรแสงดาวด้วยเทคนิคโฟโตเมตรี (Photometry) โดยใช้โปรแกรม IRIS (version 5.59) ใช้ค่าฟลักซ์ของแสงดาวมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม PHOEBE 1.0 เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ลักษณะทางกายภาพของระบบดาวคู่ ε CrA ได้ผลดังตารางที่ 2 และเปรียบเทียบผลที่ได้กับรายงานการวิจัยต่างๆ พบว่าการใช้อุปกรณ์อย่างง่ายร่วมกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถหาค่าพารามิเตอร์ทางกายภาพของระบบดาวคู่ ε CrA A และ B ได้แก่ ศักย์ที่ผิวดาว (Ω_1 = 2.031636 และ Ω_2 = 1.950860) มวลของดาว (M_1 = 1.870662 $M_\odot$ และ M_2 = 0.232710 $M_\odot$) และรัศมีของดาว (R_1 = 2.136640 $R_\odot$ และ R_2 = 0.83794 $R_\odot$) ซึ่งได้ค่าใกล้เคียงกับค่าที่มีการ

รายงานมาก่อนนี้ (Shobbrook & Zola, 2006; Wilson & Raichur, 2011) ในขณะที่ค่าโบโลเมตริกแมกนิจูดของดาว ε CrA A และ B ในการศึกษาครั้งนี้ได้เป็น 5.069680 และ 2.639203 ตามลำดับ ซึ่งแสดงว่า ε CrA B มีความสว่างมากกว่า ε CrA A

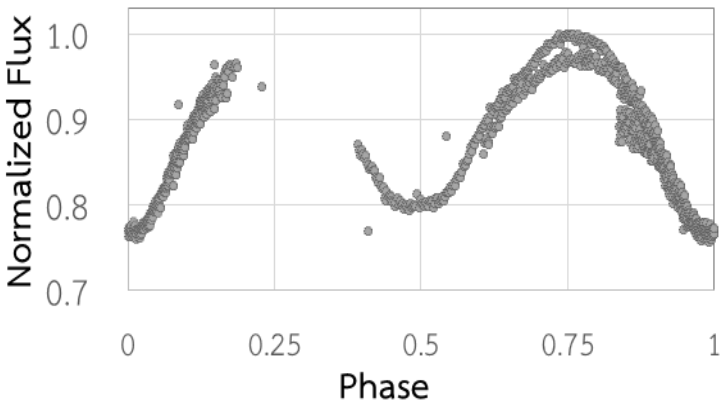
ตารางที่ 2 ข้อมูลทางกายภาพของระบบดาวคู่ ε CrA จากการทดลองและเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่น ๆ

ค่าสมบัติทางกายภาพ	ระบบดาวคู่ ε CrA	ผลจากการทดลองนี้	ข้อมูลอ้างอิง
ศักย์ที่ผิวดาว	A (Ω_1)	2.031636	2.0113 ± 0.0033[a]
(surface potential, Ω)	B (Ω_2)	1.950860	N.D.
มวลของดาว (mass, $M_\odot$)	A (M_1)	1.870662	1.9[a] , 1.74±0.06[b], 1.76[c]
	B (M_2)	0.232710	0.24[a], 0.21±0.02[b], 0.20[c]
รัศมีของดาว (radius, $R_\odot$)	A (R_1)	2.136640	2.14±0.03[b], 2.20[c]
	B (R_2)	0.83794	0.86±0.03[b], 0.79[c]
โบโลเมตริกแมกนิจูดของดาว	A	5.069680	N.D.
(Bolometric magnitude, M_{bol})	B	2.639203	N.D.
ความสว่างที่ผิวดาว	A	1.54661	N.D.
(*mag*/arcsecond^2)	B	0.798367	N.D.

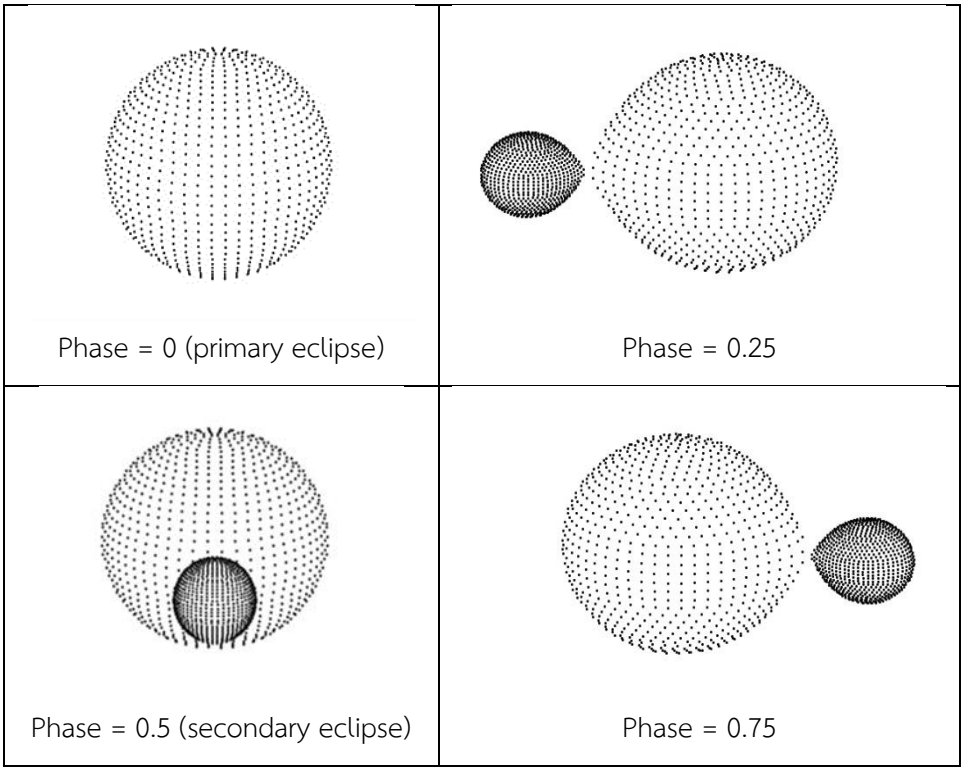
N.D., No data, [a] (Wilson & Raichur, 2011), [b] (Shobbrook & Zola, 2006), [c] (Maceroni & van't Veer, 1996)

กราฟแสง (light curve) (รูปที่ 2) ที่ได้จากโปรแกรม PHOEBE 1.0 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่านอร์มัลไลซ์ฟลักซ์และเฟส (phase) กราฟที่ได้พบลักษณะการแปรแสง และสามารถจำลองลักษณะการโคจรรอบกันของระบบดาวคู่ ε CrA ซึ่งประกอบด้วย ε CrA A และ B (รูปที่ 3) จากกราฟแสงจะพบว่าตำแหน่งเฟสที่ 0 ค่านอร์มัลไลซ์ฟลักซ์มีค่าลดต่ำลงที่สุด แสดงถึงดาวสมาชิกดวงที่สว่างน้อยกว่า (ε CrA A) โคจรมาบดบังดาวสมาชิกดวงที่สว่างน้อยกว่า (ε CrA B) ซึ่งจัดเป็นอุปราคาปฐมภูมิ (primary eclipse) ในขณะที่ตำแหน่งเฟสที่ 0.5 ค่านอร์มัลไลซ์ฟลักซ์มีค่าต่ำ แสดงถึงดาวสมาชิกดวงที่สว่างมากกว่า (ε CrA B) โคจรมาอยู่หน้าดาวสมาชิกดวงที่สว่างน้อยกว่า (ε CrA A) ซึ่งเรียกว่าอุปราคาทุติยภูมิ (secondary eclipse) นอกจากนี้สังเกตพบลักษณะของกราฟแสงที่มีขนาดความลึกของอุปราคาปฐมภูมิและอุปราคาทุติยภูมิที่ใกล้เคียงกัน บ่งบอกว่าสมาชิกทั้งสองดวงมีวัฒนาการจนเต็มผิวห่อหุ้ม

โรช (Roche lobe) ทำให้บรรยากาศของดาวสมาชิกทั้งสองดวงสัมผัสกันและมีการใช้บรรยากาศร่วมกัน ทำให้ผลการสังเกตจึงปรากฏเสมือนว่าสมาชิกทั้งสองดวงมีความสว่างใกล้เคียงกัน ระบบดาวคู่นี้จึงจัดเป็นระบบดาวคู่ประเภทดับเบิลยู เออร์ซา เมเจอริส (W Ursae Majoris) หรือระบบดาวคู่แบบสัมผัสกัน (contact binary system) ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลที่มีรายงานว่าระบบดาวคู่ ε CrA เป็นระบบดาวคู่สัมผัสกันมวลน้อย (low mass contact binary) ซึ่งหมายถึงระบบดาวคู่ที่มีมวล M_1 น้อยกว่า 2.5 $M_\odot$ (Qian, 2001; Vilhu, 1981) ระบบดาวคู่ ε CrA จัดเป็นดับเบิลยู เออร์ซา เมเจอร์ ประเภทย่อย A (A-type W UMa binary) ซึ่งเป็นลักษณะของระบบดาวคู่ที่มีอุณหภูมิสูงกว่าดวงอาทิตย์(ประมาณ 5800 K) (spectral type A - F) มีคาบการโคจรในช่วง 0.4 - 0.8 วันโดยดาวดวงที่สว่างกว่าซึ่งถูกบดบังในช่วงการเกิดอุปราคาปฐมภูมิ นั้นมีขนาดเล็กและมีมวลน้อยกว่าสมาชิกอีกดวง สอดคล้องกับค่าอุณหภูมิของ ε CrA A และ B มีค่า 6481 K และ 5939 K ตามลำดับ (spectral type F) (Wilson & Raichur, 2011) มีคาบการโคจรรอบกัน 0.59143 วัน (Shobbrook & Zola, 2006; Wilson & Raichur, 2011) มีโบโลเมตริกแมกนิจูดของ ε CrA A และ B มีค่า 5.069680 และ 2.639203 รัศมีของ ε CrA A และ B มีค่า 2.136640 และ 0.83794 ตามลำดับ



รูปที่ 2 กราฟแสงของ ε CrA จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม PHOEBE 1.0



รูปที่ 3 แบบจำลองการโคจรรอบกันของระบบดาวคู่ ε CrA

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้พบว่าสามารถใช้กล้องโทรทรรศน์หักเหแสงขนาดเล็กร่วมกับกล้องถ่ายภาพดีเอสแอลอาร์ในการเก็บบันทึกภาพแสงดาวและประมวลผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งข้อมูลที่ได้มีความสอดคล้องกับสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่ตามทฤษฎีหรือตามที่มีรายงานมาก่อน งานวิจัยนี้จึงเป็นการแสดงให้เห็นว่าสามารถประยุกต์ใช้อุปกรณ์อย่างง่ายสำหรับการเก็บข้อมูลทางดาราศาสตร์ เพื่อให้สามารถจัดการเรียนการสอนดาราศาสตร์ในสถานศึกษาภายใต้เงื่อนไขทรัพยากรที่จำกัด และเป็นการฝึกทักษะทางวิทยาศาสตร์ให้แก่นักเรียนหรือนักศึกษาที่มีความสนใจดาราศาสตร์ให้สามารถเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลอย่างง่ายได้

เอกสารอ้างอิง

Eker, Z., Bilir, S., Yaz Gökçe, E., Demircan, O., & Helvaci, M. (2008). ***New absolute magnitude calibrations for W Ursa Majoris type binaries***.

Goecking, K.-D., & Duerbeck, H. W. (1993). **The spectroscopic orbit of epsilon Coronae Austrinae: an evolved W Ursae Majoris system**. *Astronomy and Astrophysics, 28*(2), 463-466.

Kitchin, C. R., & Forrest, R. W. (1998). ***Seeing Stars The Night Sky Through Small Telescopes***: Springer London.

Maceroni, C., & van't Veer, F. (1996). **The properties of W Ursae Majoris contact binaries: new results and old problems.** ***Astronomy and Astrophysics****, 311*, 523-531.

Qian, S. (2001). **Orbital period changes of contact binary systems: direct evidence for thermal relaxation oscillation theory**. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 328*(3), 914-924.

Shobbrook, R. R., & Zola, S. (2006). **Photometric Studies of Bright Southern Binary Systems: ε Cra and ψ Ori. In À. Giménez, E. Guinan, P. Niarchos & S. Rucinski (Eds.),** ***Close Binaries in the 21st Century: New Opportunities and Challenges*** (pp. 41-43). Dordrecht: Springer Netherlands.

Vilhu, O. (1981). **Problems of low-mass binary evolution**. *Astrophysics and Space Science, 78*(2), 401-418.

Wilson, R. E., & Raichur, H. (2011). **Distance and temperature from absolute light curves of three eclipsing binaries**. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 415*(1), 596-604.

Yıldız, M. (2014). **Origin of W UMa-type contact binaries - age and orbital evolution**. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 437*(1), 185–194.

Zwitter, A. P. a. T. (2005). **A Computational Guide to Physics of Eclipsing Binaries. I. Demonstrations and Perspectives**. *The Astrophysical Journal, 628*(1), 426.

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ DF Hydrae

A Study of the Orbital Period Change of DF Hydrae Binary System

อรดี พิลาโฮม[1] เชิดตระกูล หอมจำปา[1*] ธีรธาร ศรีมหา[1] และ สมานชาญ จันทร์เอี่ยม[2]
Oradee Pilahome[1] Choedtrakool Homchampa[1]
Teeratan Simaha and Smanchan Chandaiam[2]
[1] ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
[2] สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)
* oradee0799@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาคาบการแปรแสง ของระบบดาวคู่อุปราคาประเภท W Uma, DF Hydrae ซึ่งมีคาบการโคจร 0.330604 วัน ดำเนินการ ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา นครราชสีมา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ โดยใช้กล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสงชนิด ริชชี-เครเทียน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เมตร ทำหน้าที่รวมแสงและบันทึกภาพถ่ายโดยใช้ซีซีดี โฟโตมิเตอร์ (CCD Photometer) เฉพาะช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน(B) และสีเหลือง(V) ในการวิจัยครั้งนี้ได้สร้างกราฟแสงขึ้นเพื่อหาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด โดยค่าเวลาแสงที่น้อยที่สุดตั้งแต่อดีตรวมกับค่าแสงที่น้อยที่สุดในงานวิจัยครั้งนี้ นำไปสร้างแผนภาพ O-C ของระบบดาวคู่ DF Hydrae จากการวิเคราะห์พบว่าแผนภาพ O-C มีลักษณะเป็นพาราโบลาหงาย ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าคาบการโคจรของระบบดาวคู่ DF Hydrae มีค่าเพิ่มขึ้นในอัตรา 0.000144 วินาทีต่อปี

คำสำคัญ: DF Hydrae การเปลี่ยนแปลงคาบ ระบบดาวคู่อุปราคา

Abstract

A study on a period change of W Uma eclipsing binary system, DF Hydrae with an orbital period of 0.330604 day, was done at Nakhon Ratchasima Regional Observatory for the Pubic, A 0.5-m Ritchey-chretion telescope with a CCD photometer was used for observations both in blue (B) and yellow (V) wavelength bands. In this research, the graph was constructed for finding the time of minimum light. The previous published time of minimum and value were used in the research to plot an O-C curve of DF Hydrae. It was found that, this curve trended toward an upturned parabolic variation. The result reveals that the orbital period of the DF Hydrae was increased at the rate of 0.000144 seconds per year.

Keywords: DF Hydrae, Period change, W Uma eclipsing binary system

บทนำ

ดาวฤกษ์บนท้องฟ้าที่สังเกตเห็นมากกว่าร้อยละ 50 เป็นดาวคู่ ถึงแม้จะสังเกตเห็นเป็นดวงเดียวหรือจุดแสงเดียวก็ตาม แต่ถ้าหากทำการวัดปริมาณของแสงดาวดวงนั้นได้ก็อาจพบว่าไม่ใช่ดาวดวงเดียวแต่อาจมีมากกว่า 1 ดวงอยู่กันเป็นระบบดาวคู่ สมบัติทางกายภาพโดยทั่วไปของระบบดาวคู่แบบ 2 ดวงจะอยู่ภายใต้สนามความโน้มถ่วงซึ่งกันและกัน สมาชิกของระบบดาวคู่แต่ละดวงต่างก็โคจรรอบจุดศูนย์กลางของมวลร่วม ระบบดาวคู่นี้ยังสามารถจำแนกออกเป็นหลายประเภทตามสมบัติทางกายภาพโดยการสังเกตและตรวจวัดปริมาณแสง หากนำข้อมูลที่สามารถนำมาสร้างกราฟแสง (Light Curve) ซึ่งบันทึกข้อมูลการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของแสงจากระบบดาวคู่ที่เวลาต่างๆกัน จะได้ลักษณะของกราฟแสงที่มีการลดลงของเส้นกราฟซึ่งเกิดจากการโคจรบังกันภายในระบบดาวคู่ตามแนวสังเกตการณ์ (line of site) โดยถ้าสมาชิกดวงสว่างโคจรไปอยู่ด้านหลังสมาชิกดวงที่สว่างน้อยกว่า ลักษณะของกราฟแสงที่ได้ในเวลานั้นจะมีการลดลงของแสงในปริมาณที่มาก เรียกว่า อุปราคาปฐมภูมิ (primary eclipse) และเรียกเวลานั้นเป็นค่าต่ำสุดปฐมภูมิ (primary minimum: Min I) ในทำนองกลับกัน ถ้าสมาชิกที่สว่างน้อยกว่าโคจรไปอยู่ด้านหลังสมาชิกดวงที่สว่างมาก กราฟแสงที่ได้ก็จะมีการลดลงของแสงเช่นกัน แต่ในปริมาณที่น้อยกว่า เรียกว่าอุปราคาทุติยภูมิ (secondary eclipse) และเรียกเวลานั้นเป็นค่าต่ำสุดทุติยภูมิ (secondary minimum; Min II) จากการสร้างกราฟแสงทำให้สามารถวิเคราะห์ประเภทของระบบดาวคู่ได้ เช่น จากการศึกษากราฟแสงของระบบดาวคู่เอ็กวาย ลีโอนีส พบว่า มีลักษณะเป็นระบบดาวคู่อุปราคา ประเภทดับเบิลยู เออร์ซาร์เมเจอร์ริส (W UMa) นอกจากกนี้กราฟแสงอาจบ่งชี้ถึงปรากฏการณ์โอคอนแนล (O'Connel effect) ที่แสดงให้เห็นว่าอาจมีจุดร้อนเกิดขึ้นบนสมาชิกในระบบดาวคู่บางระบบได้ด้วย และการโคจรรอบกับของระบบดาวคู่หนึ่งรอบ จะเกิดการบังกันที่ทำให้ปริมาณแสงลดลงสองครั้ง ซึ่งเวลาที่ระบบดาวคู่โคจรรอบโดยสมบูรณ์เรียกว่าคาบ (period) ทำให้นักดาราศาสตร์สามารถวิเคราะห์วงโคจรและองค์ประกอบทางกายภาพของระบบดาวคู่ที่นำมาเป็นหลักฐานในการศึกษาวิวัฒนาการของการเปลี่ยนแปลงในระบบดาวคู่ได้

ระบบดาวคู่ ดีเอฟ ไฮแดร (DF Hydrae) เป็นระบบดาวคู่อุปราคาประเภท W Uma ซึ่งจัดเป็นระบบดาวคู่แบบแตะกัน มีตำแหน่งอยู่ที่ R.A. 08h 55m 02.243s และ Dec. 06o 05' 37.69" มีค่าโชติมาตรปรากฏ (Mv) คือ 10.739 ประกอบด้วยสมาชิก 2 ดวงที่เป็นดาวแคระ (Dwarfs) ที่มีขนาดและความสว่างพอๆ กัน และอาจจะมีวิวัฒนาการไปเป็นระบบดาวคู่แบบแตะกัน ทำให้รูปร่างของดาวแต่ละดวงบิดเบี้ยวไปจากเดิม เมื่อพิจารณากราฟแสง พบว่ามีความโค้งอย่างสม่ำเสมอ และความลึกของอุปราคาปฐมภูมิกับอุปราคาทุติยภูมิจะมีความลึกพอๆ กัน ถ้าคาบมีค่าลดลงแสดงว่าดาวทั้งสองดวงจะอยู่ใกล้กันมากขึ้นทุกขณะผลที่ตามมาก็คือ การหมุนรอบตัวเองของสมาชิก

แต่ละดวงจะมีผลต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมเชิงมุมของการโคจรของระบบ คือ ก่อให้เกิดการหน่วงของสนามแม่เหล็ก อันเป็นผลจากทอร์กแม่เหล็กที่เหนี่ยวนำระหว่างดาวฤกษ์ทั้ง 2 ดวงจะทำให้โมเมนตัมเชิงมุมของระบบดาวคู่สูญเสีย (Angular momentum loss) อย่างต่อเนื่องวงโคจรของดาวคู่จึงลดลงอีก ซึ่งผลจากการสูญเสียโมเมนตัมเชิงมุมดังกล่าว อาจทำให้ระบบดาวคู่หลอมกลายเป็นดาวเดี่ยวในที่สุด ประเด็นดังกล่าวนี้เป็นที่น่าสนใจเป็นอย่างยิ่งสำหรับการวิจัยเกี่ยวกับวิวัฒนาการของระบบดาวคู่

การศึกษาคาบการแปรแสงของระบบดาวคู่ DF Hydrae ผู้วิจัยได้ศึกษากราฟแสงเพื่อหาค่า Time of Minimum light นำไปสร้างแผนภาพ O-C เพื่ออธิบายถึงวิวัฒนาการของระบบดาวคู่ DF Hydrae ซึ่งเป็นระบบดาวคู่ประเภท W Uma

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ DF Hydrae

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการถ่ายภาพด้วยกล้องซีซีดี โฟโตมิเตอร์ (CCD Photometer) ผ่านแผ่นกรองแสงในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B) และความยาวคลื่นสีเหลือง (V) ที่เชื่อมต่อเข้ากับกล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสงชนิดริชชี-เครเทียน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เมตร ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา นครราชสีมา สถาบันวิจัยและดาราศาสตร์ (องค์การมหาชน) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทำการเก็บข้อมูลในระหว่างวันที่ 6-9 ธันวาคม 2558 ทั้งหมดจำนวน 369 ภาพ 357 ภาพ ตามลำดับ โดยจะวัดแสงด้วยเทคนิคทางโฟโตเมตรี ที่จะต้องอาศัยดาวฤกษ์โดยใช้ TYC 255-943-1 และ GSC1 0225-00202 เป็นดาวเปรียบเทียบ (comparison star) และดาวตรวจสอบ (check star) ตามลำดับ ดังรูปที่ 1 และตารางที่ 1



รูปที่ 1 ภาพถ่ายดาวคู่ DF Hydrae, comparison star (TYC 255-943-1) และ check star (GSC1 0225-00202)
ที่มา: http://aladin.u-strasbg.fr/AladinLite/?target=V*%20DF%20Hya&fov=0.033334&survey=P%2fDSS2%2fcolor

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลเบื้องต้นของระบบดาวคู่ ดาวเปรียบเทียบ และดาวตรวจสอบ

Star	RA.	DEC.	B	V
DF Hydrae (Program star)	08h 55m 02.243s	06° 05' 37.69"	11.45	11.8
Comparison (TYC 255-943-1)	08h 55m 9.488s	+06° 09’ 43.65”	11.44	10.92
Check star (GSC1 0225-00202)	08h 54m 50.754 s	+06° 10’ 27.49”	12.22	12.01

ภาพถ่ายที่ได้จะถูกนำไปผ่านกระบวนการรีดักชันภาพ (Reduction image) หรือการกำจัดสัญญาณรบกวน และวัดแสงด้วยเทคนิคทางโฟโตเมตรี ด้วยโปรแกรม IRIS นำข้อมูลที่ได้จากการวัดแสงไปสร้างกราฟแสงเพื่อวิเคราะห์หาค่าเวลาที่แสงน้อยสุด (Time of Minimum light) ของกราฟแสง โดยถ้าสังเกตการณ์ระบบดาวคู่คาบสั้นด้วยระยะเวลานาน กราฟแสงที่ได้จะมีค่าต่ำสุดหลายจุดซึ่งวนเป็นคาบการโคจรบังกันของระบบ ซึ่งค่าเวลาที่แสงน้อยสุดของกราฟแสงจะมีการเปลี่ยนแปลงตามจำนวนเท่าของคาบตามสมการเชิงเส้นเอฟรีเมอริส (Linear Ephemeris Equation) และนำค่าเวลาที่แสงน้อยสุดไปสร้างแผนภาพ O-C เพื่อหาอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบเชิงมุม

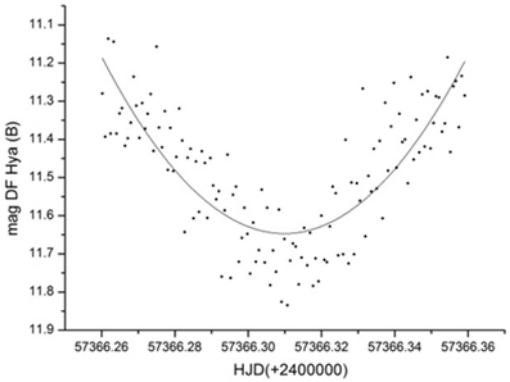
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การสังเกตการณ์และวิเคราะห์เฟสของระบบดาวคู่อุปราคา จะต้องคำนวณวันจูเลียน (Julian Date: JD) และวันจูเลียนศูนย์สุริยะ (Heliocentric Julian Data: HJD) โดยมีความสัมพันธ์กันตามสมการที่ 1

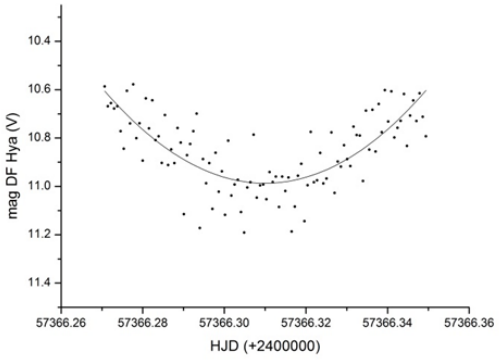
$$HJD = JD + \Delta t \quad (1)$$

เมื่อ Δt เป็นค่าการแก้ศูนย์สุริยะ (Heliocentric Correntition) ซึ่งแปลงเวลาการสังเกตการณ์บนโลก ให้เป็นเวลาการสังเกตการณ์เมื่อยึดตำแหน่งของดวงอาทิตย์เป็นจุดอ้างอิง

ข้อมูลจากการสังเกตการณ์ระบบดาวคู่ DF Hydrae ในวันที่ 6-9 เดือนธันวาคม พ.ศ.2558 ซึ่งมีคาบการโคจร 0.330604 วัน ข้อมูลที่ได้จากกราฟแสงในช่วงอุปราคาปฐมภูมิ พบว่าช่วงเวลาที่แสงลดลงกับเวลาในวันจูเลียนศูนย์สุริยะมีค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด (Time of Minimum light) ในช่วงอุปราคาปฐมภูมิในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B) และความยาวคลื่นสีเหลือง (V) ดังแสดงในรูปที่ 2-3 และแสดงค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดในตารางที่ 2



รูปที่ 2 กราฟแสงช่วงอุปราคาปฐมภูมิในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B)



รูปที่ 3 กราฟแสงช่วงอุปราคาปฐมภูมิในช่วงความยาวคลื่นสีเหลือง (V)

ตารางที่ 2 แสดงค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดได้จากกราฟแสงของระบบดาวคู่ DF Hydrae ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน และสีเหลือง

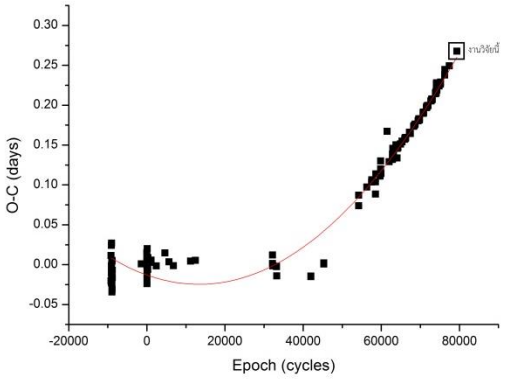
ช่วงความยาวคลื่น	ค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด (Time of Minimum light)	ชนิดของอุปราคา
สีน้ำเงิน (B)	2457366.3103	ปฐมภูมิ
สีเหลือง (V)	2457366.3096	ปฐมภูมิ
เฉลี่ย	2557366.3099	ปฐมภูมิ

จากการวิเคราะห์กราฟแสงช่วงอุปราคาปฐมภูมิในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน และสีเหลือง ของระบบดาวคู่ DF Hydrae คำนวณค่า Time of Minimum light เท่ากับ 2457366.30995 สามารถคำนวณและสร้างแผนภาพ O-C จากสมการ Linear Ephemeris Equation ที่ Whitney B.S. คำนวณไว้ในปี ค.ศ. 1959 คือ

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

เมื่อ แทนค่า Time of Minimum light (O) จากตารางที่ 2 เพื่อหาค่า Epoch และคำนวณค่า Time of Minimum light (C) จากสมการที่ 2

ค่า O-C ที่ได้จากการสังเกตการณ์ในครั้งนี้จะประกอบกับค่า O-C ที่นักดาราศาสตร์ท่านอื่นๆ [6] เคยทำไว้ นำมาสร้างแผนภาพ O-C ได้ดังรูปที่ 5



รูปที่ 4 แผนภาพ O-C ของระบบดาวคู่ DF Hydrae

เมื่อใช้ Quadratic Polynomial Fitting Method ทำให้ได้สมการ

$$O - C = -0.01302 - 1.74477 \times 10^{-6} E + 6.54236 \times 10^{-11} E^2 \qquad (3)$$

อัตราการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ DF Hydrae จึงเท่ากับ

$$\frac{dP}{dE} = 2(6.54236 \times 10^{-11}) \qquad \text{วันต่อรอบ}$$

$$= 1.44 \times 10^{-4} \qquad \text{วินาทีต่อปี}$$

ดังนั้นอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรที่ได้จากการสังเกตการณ์ด้วยแผนภาพ O-C มีค่าเป็นบวก หมายถึงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ DF Hydrae มีค่าเพิ่มขึ้นในอัตรา 0.000144 วินาที่ต่อปี คาบการโคจร (P) จะพบว่าระยะห่างของดาวทั้งสองมีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้คาบโคจรของดาวทั้งสองมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ระยะทางระยะทางระหว่างดาวทั้งสองนี้จะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนดาวทั้งสองแยกจากกัน ดังนั้นจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงประเภทของระบบดาวคู่จากระบบดาวคู่แบบแตะกันไปเป็นระบบดาวคู่แบบกึ่งแตะกันและกลับมาเป็นระบบดาวคู่แบบแตะกันสลับกับไปมา

สรุปผลการวิจัย

จากการสังเกตการณ์ระบบดาวคู่ DF Hydrae ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา นครราชสีมา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เมื่อทำการวิเคราะห์กราฟแสงและวิเคราะห์แผนภาพ O-C เพื่อศึกษาอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรและวิวัฒนาการของระบบดาวคู่ DF Hydrae พบว่ามีอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบมีค่าเพิ่มขึ้นในอัตรา 1.44x10-4 วินาที่ต่อปี ซึ่งหมายถึงการเพิ่มขึ้นของระยะห่างระหว่างดาวทั้งสอง สอดคล้องกับทฤษฎี TRO จนดาวทั้งสองแยกจากกัน ดังนั้นจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงประเภทของระบบดาวคู่จากระบบดาวคู่แบบแตะกันไปเป็นระบบดาวคู่แบบกึ่งแตะกันและกลับมาเป็นระบบดาวคู่แบบแตะกันสลับกับไปมา

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์รณกฤต รัตนมาลา ที่ได้ให้คำแนะนำในการวิเคราะห์ข้อมูล และขอขอบคุณสาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ที่อำนวยความสะดวกด้านสถานที่สำหรับการทำงานทำวิจัยนี้ และขอบขอบคุณหอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา นครราชสีมา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการเก็บข้อมูลวิจัย

เอกสารอ้างอิง

เชิดตระกูล หอมจำปา. (2553). แบบจำลองของระบบดาวคู่แบบใกล้ชิด DF Hydrae, รายงานวิจัย. มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

บุญรักษา สุนทรธรรม. (2550). ดาราศาสตร์ฟิสิกส์. ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

รณกฤต รัตนมาลา. (2558). การวิเคราะห์กราฟแสงของระบบดาวคู่เอ็กวายๆ. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ. ปีที่ 18 (ฉบับที่ 3). หน้า 145-148.

ศราวุฒิ ชูโลก, ยามีล๊ะ มะโร๊ะ และสุณีรัตน์ ลารีนู. (2558). การเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ V1799 Ori. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ ปีที่ 18 (ฉบับที่ 3). หน้า 265-272

อาทิตย์ ลภิรัตนากูล. (2545). การเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่แบบแตะกัน เอเอช ทอรี. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตเชียงใหม่. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

American Association of Variable Star Observers. 6 July 2016. “ Bob Nelson’s O-C files” [online].Available https://www.aavso.org/bob-nelson-o-c-files (18 May 2017).

การคำนวณหาระยะทางการเคลื่อนที่และหาค่าพลังงานการเคลื่อนที่ของวิถีวงโคจรของอนุภาค

วัชรพงษ์ พลสนาม[1] และ อาทิตย์ หู้เต็ม [1*]
Watcharapong Polsanam1[1] and Artit Hutem1[2]
[1] สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
83 หมู่ 11 ถนนสระบุรี-หล่มสัก ตำบลสะเดียง อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000 1
[*] artithutem@pcru.ac.th

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนากระบวนการเกี่ยวกับการคำนวณหาระยะทางการเคลื่อนที่และหาค่าพลังงานการเคลื่อนที่ของวิถีวงโคจรของอนุภาค ซึ่งได้ศึกษาเส้นโค้งที่เคปเลอร์ คาดว่าเป็นวงโคจรของดาวอังคารที่มีการตระหนักถึงความเป็นวงโคจรที่เกิดขึ้นภายใต้แรงเข้าสู่ศูนย์กลาง โดยนำวิธีการเคลื่อนที่ของวัตถุภายใต้การเคลื่อนที่แบบหมุนที่มีอิทธิพลของแรงที่น่าสนใจอาจแกว่งเท่ากันในแนวตั้งกับแกนหมุนของวัตถุขึ้นและลง การสั่นสะเทือนตามแนวตั้งอาจจะทำให้วัตถุมีพิกัดอื่นที่นอกเหนือจากการหมุนพิกัด ในการคำนวณหาระยะทางการเคลื่อนที่และหาค่าพลังงานการเคลื่อนที่ของวิถีวงโคจรของอนุภาค การหาระยะทางการเคลื่อนที่โดยพิจารณาการเคลื่อนของอนุภาคภายใต้แรง ใช้ทฤษฎีการหาผลเฉลยสมการเชิงอนุพันธ์อีกวิธีหนึ่งใช้รอนสเกียนและเทคนิคการอินทิเกรตทีละส่วน การหาค่าพลังงานการเคลื่อนที่ของวิถีวงโคจรของอนุภาคโดยการหาอนุพันธ์ของฟังก์ชันและการอินทิเกรตทีละส่วน และนำไปแสดงกราฟโดยใช้โปรแกรม Mathematica เปรียบเทียบของระยะทางการเคลื่อนที่ และค่าพลังงานของวงโคจรของอนุภาค

คำสำคัญ: แรงเข้าสู่ศูนย์กลาง, ระยะทางการเคลื่อนที่ของอนุภาค, พลังงานการโคจรของอนุภาค

Abstract

In this research, researcher developed the theory about computing the movement distance and find energy value of movement in the orbit of particle. Researcher studied the about of Kepler's theory, it was expected that it is orbit of Mars. That it realized about the orbit that appears under the power move into the central. Hideyuki Ide and Hiroshi Nakazato, they have been used A.E. Edison's research for studied about the objects under rotational motion. This direction is interested power

and the same swing in upright about object's spindle both up and down. The shake along with upright can made the objects that were another areas. In computing the movement distance and calculate energy value of movement in the orbit of particle. We was consider from Particle movement under, energy that use the theory of Differential equations, use Wronskian and we use the technique of integrate.

Keywords: central force, distance of movement, energy value of movement,

บทนำ

การเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ คือ กฎความโน้มถ่วงสากลของนิวตันก่อนที่นิวตันจะตั้งกฎนี้ขึ้น โยฮัน เคปเลอร์ นักดาราศาสตร์ชาวเยอรมันเป็นผู้สะสมข้อมูลตำแหน่งของดาวเคราะห์ในปี ค.ศ 1609 ได้เสนอผลงานเป็นกฎ 2 ข้อดังนี้

ข้อที่ 1 กฎของวิถีการโคจร กล่าวว่า ดาวเคราะห์ทุกดวงโคจรรอบดวงอาทิตย์เป็นวงรี มีดวงอาทิตย์อยู่ที่จุดโฟกัสจุดหนึ่งของวงรีนั้น

ข้อที่ 2 กฎของพื้นที่ กล่าวว่า เส้นทางจากดวงอาทิตย์ถึงดาวเคราะห์ จะกวาดพื้นได้เท่ากันในเวลาเท่ากัน หลังจากนั้น เคปเลอร์ก็ได้เสนอกฎข้อที่ 3 คือ

ข้อที่ 3 กฎฮาร์มอนิก กล่าวว่า มีอัตราส่วนกำลังสองของเวลาการเคลื่อนที่ครบรอบ กับกำลังสามของครึ่งแกนเอกของวงโคจรของดาวเคราะห์ทุกดวงมีค่าเท่ากัน

การเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์โคจรรอบดวงอาทิตย์เป็นวงรี โดยมีดวงอาทิตย์เป็นจุดศูนย์กลางของวงโคจร ความเร็วในวงโคจรของดาวเคราะห์ไม่คงที่ ดาวเคราะห์เคลื่อนที่เร็วขึ้นเมื่อเข้าใกล้ดวงอาทิตย์และเคลื่อนที่ช้าเมื่อออกห่างจากดวงอาทิตย์ พื้นที่ของคาบวงโคจรของดาวเคราะห์จะแปรผันตามปริมาณของระยะห่างจากดวงอาทิตย์เสมอ ในปี ค.ศ. 2010 Hideyuki Ide และ Hiroshi Nakazato ได้ศึกษาเส้นโค้งที่ เคปเลอร์ คาดว่าเป็นวงโคจร ของดาวอังคารที่มีการ

ตระหนักถึงความเป็นวงโคจรที่เกิดขึ้นภายใต้แรงเข้าสู่ศูนย์กลาง (รศ.ดร.รัชนี รุจิวโรด2551.) ต่อมาในปี ค.ศ. 2013 A.E.Edison และคณะ ได้ศึกษาวัตถุภายใต้การเคลื่อนที่แบบหมุนมีอิทธิพลของแรงที่น่าสนใจอาจแกว่งเท่ากันในแนวตั้งเกี่ยวกับแกนหมุนของวัตถุขึ้นและลง การสั่นสะเทือนตามแนวตั้งอาจจะทำให้วัตถุมีพิกัดอื่นที่นอกเหนือจากการหมุนพิกัด แสดงให้เห็นถึงการวิเคราะห์และคุณภาพ

ในงานนี้ ผลกระทบจากการเคลื่อนที่ของแรงสั่นสะเทือนตามแนวตั้งของวัตถุซึ่งเกิดจากแรงสั่นสะเทือนจากพลังงานทั้งหมดที่วัตถุอยู่ในขณะนี้คือผลรวมของพลังงานในแนวรัศมีและพลังงานสั่น ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าพลังงานทั้งหมดมีค่าเป็นลบ (A. Arya 1990)

ต่อจากนี้จะอาศัยกฎแรงโน้มถ่วงของนิวตันอธิบายว่า กฎดังกล่าวข้างต้นเป็นจริง โดยเริ่มจากมองดวงอาทิตย์และดาวเคราะห์ดวงหนึ่งเป็นระบบ 2 อนุภาคที่อยู่โดดเดี่ยวซึ่งมีแรงดึงดูดระหว่างดวงดาวทั้งคู่ มีทิศในแนวเส้นผ่านศูนย์กลาง คุณสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของแรงในแนวศูนย์กลาง (central force) คือ เป็นแรงอนุรักษ์ ตัวอย่างของแรงในแนวผ่านศูนย์กลาง ได้แก่ แรงดึงดูดระหว่างมวล (แรงโน้มถ่วง) แรงระหว่างประจุไฟฟ้า แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล ฯลฯ อนุภาคที่เคลื่อนที่ภายใต้แรงในแนวศูนย์กลางจะมีลักษณะการเคลื่อนที่เป็นระนาบและมีการโคจรในลักษณะต่าง ๆ กัน ได้แก่ วงรี พาราโบลา เป็นต้น สามารถอธิบายการเกิดปรากฏการณ์ต่างๆในธรรมชาติ

การเคลื่อนที่แบบวงกลม เกิดขึ้นเมื่อวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วในทิศทางหนึ่ง ๆ แต่ขณะเดียวกันก็มีแรงดึงวัตถุ โดยทิศทางของแรงที่ดึงนั้นตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุตลอดเวลา จะทำให้เส้นทางการเคลื่อนที่ของวัตถุเปลี่ยนเป็นวงกลม โดยเราจะเรียกแรงที่คอยดึงอยู่นั้นว่า "แรงเข้าสู่ศูนย์กลาง $\left(\vec{F}_c\right)$

ในงานวิจัยนี้เราจึงได้ทำการคำนวณหาระยะทางการเคลื่อนที่และหาค่าพลังงานการเคลื่อนที่ของวิถีวงโคจรของอนุภาค การหาระยะทางการเคลื่อนที่โดยพิจารณาการเคลื่อนที่ของอนุภาคภายใต้แรง $f\left(r\right)$(A.E.Edison 2013, H. Ide and H. Nakazato 2010) ใช้ทฤษฎีการหาผลเฉลยสมการเชิงอนุพันธ์ เราสามารถหาระยะทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคได้อีกวิธีหนึ่งโดยใช้รอนสเกียนและ

เทคนิคการอินทิเกรตทีละส่วน และสามารถหาค่าพลังงานการเคลื่อนที่ของวิถีวงโคจรของอนุภาคภายใต้แรงในแนวผ่านศูนย์กลาง $f(r)$ โดยการหาอนุพันธ์ของฟังก์ชันและการอินทิเกรตทีละส่วน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาการเคลื่อนที่ของอนุภาคภายใต้แรงในแนวผ่านศูนย์กลาง $f(r)$ และคำนวณหาพลังงานรวมของ อนุภาคที่อยู่ภายใต้พลังงานศักย์ที่ได้จากแรงในแนวผ่านศูนย์กลาง

การคำนวณหาสมการการเคลื่อนที่ของอนุภาคภายใต้แรงในแนวผ่านศูนย์กลางที่เป็นฟังก์ชันอินเวอร์สของระยะทาง

เมื่ออนุภาคมีเคลื่อนที่ภายใต้แรงในแนวศูนย์กลางมีการเคลื่อนที่ในระนาบ การบอกตำแหน่งของอนุภาคนั้นจึงเลือกใช้ระบบพิกัดเชิงขั้ว สมการการเคลื่อนที่จะบอกในเทอมของ r และ θ ซึ่งแรงในแนวศูนย์กลางมีทิศตามแนวรัศมี (r) เท่านั้นดังนั้นจึงมีแต่ความเร่งในแนวรัศมี (a_r)และความเร่งในแนวตั้งฉากกับรัศมี (a_θ)มีค่าเป็นศูนย์ เราจึงใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตันในการคำนวณหาระยะทางการเคลื่อนที่โคจรของอนุภาค ดังนี้

$$\sum F = ma$$

$$f(r)\hat{e}_r = m\left(\left(\ddot{r} - r\dot{\theta}^2\right)\hat{e}_r + \left(r\ddot{\theta} + 2\dot{r}\dot{\theta}\right)\hat{e}_\theta\right) \tag{3}$$

จากสมการที่ (3) เราพิจารณาสมการในแนวรัศมี เมื่ออนุภาคมวล m เคลื่อนที่ภายใต้แรงในแนวศักย์กลางจะมีโมเมนตัมเชิงมุม($L = mr^2\dot{\theta} =$ โมเมนตัมเชิงมุม) รอบจุดกำเนิดคงตัว และจะได้ว่า

$$\left(\frac{d^2u}{d\theta^2} + u\right) = -\frac{m}{l_1^2u^2} f\left(\frac{1}{u}\right) \tag{4}$$

โดยที่ $u = \frac{1}{r}$ และ r เป็นระยะทางการโคจรของอนุภาค, l_1 คือ โมเมนตัมเชิงมุมที่ปรับสเกล เราจะคำนวณหาระยะทางการเคลื่อนที่โคจรโดยนำสมการแรงในแนว

ผ่านศูนย์กลาง $f(r)=\left[-\frac{1}{r^2}\left(k+\frac{1}{4\left(1-e^2\right)^2}\right)-\frac{\lambda}{r^3}\right]$ แทนลงในสมการที่ (4) และใช้เทคนิคสมการเชิงอนุพันธ์ในการคำนวณด้วย จะได้

$$\frac{d^2u}{d\theta^2}+u\left(1-\frac{\lambda\mu}{l^2}\right)=\frac{\mu k}{l^2}+\frac{\mu}{4l^2\left(1-e^2\right)^2} \tag{5}$$

กำหนดให้ $\eta=\frac{\mu k}{l^2}+\frac{\mu}{4l^2\left(1-e^2\right)^2}, \beta^2=\left(1-\frac{\lambda\mu}{l^2}\right)$ สมการที่ 5 เปลี่ยนได้เป็น

$$\frac{d^2u}{d\theta^2}+\beta^2u=\eta \tag{6}$$

$$u(\theta)=A\cos\left(\sqrt{1-\frac{\lambda\mu}{l^2}}\theta-\delta\right)+\left(\frac{\mu k}{\left(l^2-\lambda\mu\right)}+\frac{\mu}{4l^2\left(1-e^2\right)^2\left(1-\frac{\lambda\mu}{l^2}\right)}\right)$$

เราทำการกลับ $u(\theta)$ จะได้ ระยะทางการโคจรของอนุภาค ดังนี้

$$r=\frac{1}{A\cos\left(\sqrt{1-\frac{\lambda\mu}{l^2}}\theta-\delta\right)+\left(\frac{\mu k}{\left(l^2-\lambda\mu\right)}+\frac{\mu}{\left(1-e^2\right)^2\left(4l^2-4\lambda\mu\right)}\right)} \tag{7}$$

โดยที่ A เป็น แอมพลิจูด, δ, λ เป็นพารามิเตอร์, e เป็นสัมประสิทธิ์ของความรี

การคำนวณหาค่าพลังงานการเคลื่อนที่ของอนุภาคภายใต้พลังงานศักย์ที่ได้จากแรงในแนวผ่านศูนย์กลาง

จากการที่แรงในแนวศูนย์กลางเป็นแรงอนุรักษ์ พลังงานรวมของอนุภาค (E) ย่อมคงตัวดังสมการ $E=T+V$ เราพิจารณาความเร็วของอนุภาคในระบบพิกัด

เชิงขั้ว และพลังงานศักย์ต้องเป็นฟังก์ชันของแรงในแนวผ่านศูนย์กลาง $f(r)$ ดังนั้น

$$\frac{2m}{l_1^2}\left(E-V(r)\right)=\left(\frac{du}{d\theta}\right)^2+u^2 \qquad (8)$$

จากสมการที่ 8 สามารถคำนวณหาค่าพลังงานการเคลื่อนที่ของอนุภาคภายใต้พลังงานศักย์ที่ได้จากแรงในแนวผ่านศูนย์กลางโดยหาค่าพลังงานศักย์ยังผลก่อนโดยการอินทิเกรต $f(r)$ และหาอนุพันธ์ของพลังงานศักย์ยังผลเทียบระยะทางต่ำสุด จะได้ระยะทางต่ำสุดนำไปแทนลงในสมการที่ 8 และใช้เทคนิคสมการเชิงอนุพันธ์ในการคำนวณด้วย จะได้

$$E=\frac{l^2}{2m}\left[-A\sqrt{1-\frac{\lambda\mu}{l^2}}\sin\left(\sqrt{1-\frac{\lambda\mu}{l^2}}\theta-\delta\right)\right]^2$$
$$+\frac{l^2}{2m}\left[A\cos\left(\sqrt{1-\frac{\lambda\mu}{l^2}}\theta-\delta\right)+\left(\frac{\mu k}{\left(l^2-\lambda\mu\right)}+\frac{\mu}{\left(1-e^2\right)^2\left(4l^2-4\lambda\mu\right)}\right)\right]^2$$

(9)

นำสมการที่ 7 และ 9 ไปพล็อตกราฟในหัวข้อต่อไป

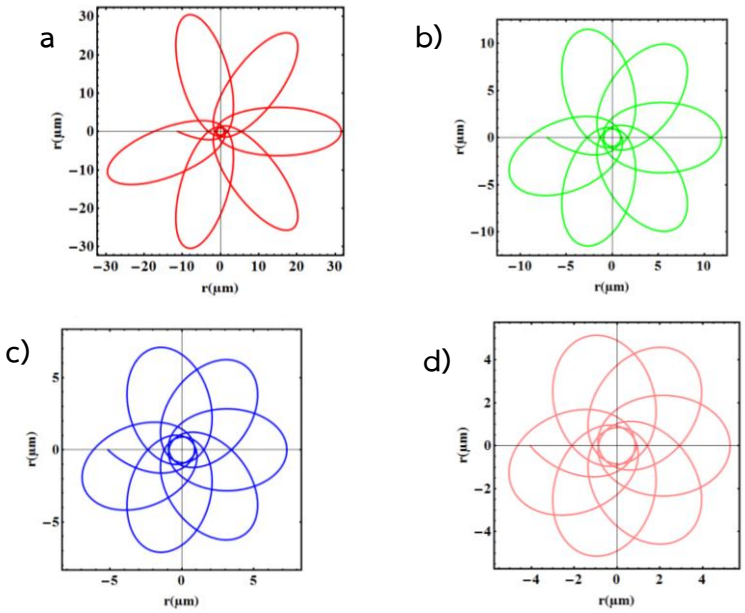
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

สมการการเคลื่อนที่ของอนุภาคภายใต้แรงในแนวผ่านศูนย์กลาง โดยใช้เทคนิคการแก้สมการเชิงอนุพันธ์แบบไม่เอกพันธุ์ หาระยะทางการเคลื่อนที่อยู่ภายในแนวผ่านศูนย์กลาง $f(r)$ ของอนุภาคภายใต้แรงในแนวผ่านศูนย์กลาง ศักย์ยังผลและพลังงานรวมของอนุภาคที่อยู่ภายใต้พลังงานศักย์ที่ได้จากแรงในแนวผ่านศูนย์กลาง $f(r)$ และนำไปแสดงกราฟโดยใช้โปรแกรม Mathematica

- กราฟแสดงการเปรียบเทียบของระยะทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคในแนวผ่านศูนย์กลาง

ค่า k แปรเปลี่ยน $\lambda, e_1, A_0, \mu, L_1, \delta$ คงที่

ดังสมการที่ 7 เมื่อระยะทางการเคลื่อนของอนุภาคในแนวผ่านศูนย์กลาง จะได้กราฟดังนี้



รูปที่ 1 ระยะทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคในแนวผ่านศูนย์กลาง ค่า k แปรเปลี่ยน $\lambda, e_1, A_0, \mu, L_1, \delta$ คงที่ ของ a) ค่า k เปลี่ยน เท่ากับ 0.25, b) ค่า k เปลี่ยน เท่ากับ 0.30, c) ค่า k เปลี่ยน เท่ากับ 0.35 และ d) ค่า k เปลี่ยน เท่ากับ 0.40

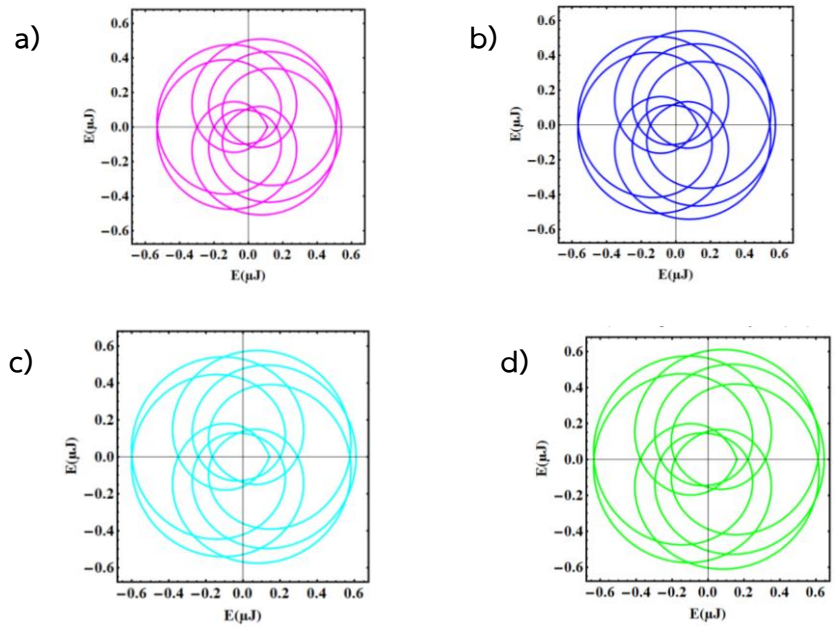
จากรูปที่ 1 เมื่อค่า k เพิ่มจะทำให้ระยะการเคลื่อนที่ของอนุภาคแบบวิถีโค้งลดลงและมีวงโคจรของอนุภาคเพิ่มขึ้น

- กราฟแสดงการเปรียบเทียบของพลังงานรวมของอนุภาคที่อยู่ภายใต้พลังงานศักย์ที่ได้จากแรงในแนวผ่านศูนย์กลาง

ค่า k แปรผัน $e, A, \mu, L, \delta, m, \lambda$ คงที่

ดังสมการที่ 9 เมื่อพลังงานจลน์และพลังงานศักย์มีค่าไม่คงที่เพราะมีแรงเสียดทานไปต้านการเคลื่อนที่ของอนุภาค งานของแรงเสียดทานจะทำให้พลังรวมไม่คงที

เมื่อพลังงานจลน์และพลังงานศักย์มีค่าไม่คงที่เพราะมีแรงเสียดทานไปต้านการเคลื่อนที่ของอนุภาค งานของแรงเสียดทานจะทำให้พลังรวมไม่คงที



รูปที่ 2 พลังงานรวมของอนุภาคที่อยู่ภายใต้พลังงานศักย์ที่ได้จากแรงในแนวผ่านศูนย์กลาง ค่า k แปรเปลี่ยน $e, \lambda, A, \mu, L, \delta, m, \lambda$ คงที่ ของ a) ค่า $k = 0.20$ b) ค่า $k = 0.22$ c) ค่า $k = 0.24$ และ d) ค่า $k = 0.26$

จากรูปที่ 2 เมื่อเพิ่มค่า k จะทำให้พลังงานรวมของอนุภาคที่อยู่ภายใต้พลังงานศักย์ที่ได้จากแรงในแนวผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้น

สรุปผลการวิจัย

เมื่อค่า λ แปรเปลี่ยน $k, e_1, A_0, \mu, L_1, \delta$ คงที่ เมื่อค่า λ เพิ่มขึ้น จะทำให้ระยะการเคลื่อนที่ของอนุภาคแบบวิถีโค้งลดลงแต่มีวงโคจรการเคลื่อนที่เพิ่มขึ้น เมื่อค่า k แปรเปลี่ยน $\lambda, e_1, A_0, \mu, L_1, \delta$ คงที่ เมื่อค่า k เพิ่มจะทำให้ระยะการเคลื่อนที่ของอนุภาคแบบวิถีโค้งลดลงและมีวงโคจรของอนุภาคเพิ่มขึ้นเมื่อค่า μ

แปรเปลี่ยน $k, \lambda, e_1, A_0, L_1, \delta$ คงที่ เมื่อค่า μ เพิ่มขึ้น จะทำให้ระยะทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคในแนวผ่านศูนย์กลางลดลงและมีจำนวนรอบของวงโคจรของอนุภาคเพิ่มขึ้นเมื่อค่า L_1 ลดลง จะทำให้ระยะทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคในแนวผ่านศูนย์กลางลดลงและมีจำนวนรอบของวงโคจรของอนุภาคเล็กลง

เมื่อค่า k, λ แปรผัน $e_1, A_0, \mu, L_1, \delta, m$ คงที่ เมื่อเพิ่มค่า k และลดค่า λ จะทำให้พลังงานรวมของอนุภาคที่อยู่ภายใต้พลังงานศักย์ที่ได้จากแรงในแนวผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้นและมีค่าระยะห่างของจำนวนวงโคจรลดลง เมื่อค่า e_1, μ แปรผัน $k, \lambda, A_0, L_1, \delta, m$ คงที่ เมื่อเพิ่มค่า e_1, μ จะทำให้พลังงานรวมของอนุภาคที่อยู่ภายใต้พลังงานศักย์ที่ได้จากแรงในแนวผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้นและมีค่าระยะห่างของจำนวนวงโคจรมีขนาดใหญ่ขึ้น เมื่อค่า A_0, L_1 แปรผัน $k, e_1, \lambda, \mu, \delta, m$ คงที่ เมื่อเพิ่มค่า A_0, L_1 จะทำให้พลังงานรวมของอนุภาคที่อยู่ภายใต้พลังงานศักย์ที่ได้จากแรงในแนวผ่านศูนย์กลางลดลงและมีค่าระยะห่างของจำนวนวงโคจรเพิ่มขึ้น และเมื่อค่า m แปรผัน $k, e_1, \lambda, A_0, \mu, L_1, \delta$ คงที่ เมื่อเพิ่มค่า m จะทำให้พลังงานรวมของอนุภาคที่อยู่ภายใต้พลังงานศักย์ที่ได้จากแรงในแนวผ่านศูนย์กลางลดลง

กิตติกรรมประกาศ

พวกเราขอขอบคุณสาขาวิชาฟิสิกส์ และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่ให้การสนับสนุนด้านคอมพิวเตอร์ และเวลาในการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

รศ.ดร.รัชนี รุจิวโรด. กลศาสตร์ 1. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2551.

A. Arya, *Introduction to Classical Mechanics*, Prentice hall, Englewood cliff, New Jersey, 1990.

A.E.Edison, *Lagrange's equations of motion for oscillating central-force field, Theoretical Mathematics&Applications*, vol.3,no.2, 2013.

H. Ide and H. Nakazato, Kepler's Quartic Curve is Implemented by a Cantral force, International mathematical forum, 5, 2010.

Mathematical modeling and the physics of electric field on non-symmetric linear charge density for damped-oscillatory motion

Nichapat Thongsit[1], Yosita Sangnok[1] and Artit Hutem[2*]
[1]Petpittayakom School, Ni-Muang Sub District, Muang District,
Phetchabun, Thailand 67000
[2] Physics Division, Faculty of Science and Technology, Phetchabun Rajabhat University,
Phetchabun, Thailand 67000
[*] artithutem@pcru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ แสดงถึงการคำนวณหาสนามไฟฟ้าบนประจุเชิงเส้นที่มีความหนาแน่นประจุเป็นแบบไม่สมมาตร และมีการสั่นแบบหน่วง โดยใช้วิธีการอินทิเกรตทีละส่วน จนกระทั่งได้ผลลัพธ์เป็นสนามไฟฟ้าที่เป็นฟังก์ชันของระยะทาง รวมทั้งได้แสดงกราฟของสนามไฟฟ้า และระยะทางที่ขึ้นอยู่กับค่าคงที่ λ_0

คำสำคัญ: การอินทิเกรตทีละส่วน, ประจุเชิงเส้นที่มีความหนาแน่นประจุเป็นแบบไม่สมมาตร

Abstract

In this research, non-symmetric linear charge density with damped oscillatory motion was studied in order to solve the electric field using integration by parts technique. The numerical results for electric field as a function of length were obtained. The results were plotted and compared with the varying damping coefficient and λ_0 constant

Keyword: integration by parts, non-symmetric linear charge density

Introduction

The gravitational field $\vec{g}$ at a point in space was defined in Newton's law of universal gravitation to be equal to the gravitational force $\vec{F}_g$ acting on a test particle of mass m_0 divided by the mass of the test particle : $\vec{g} = \vec{F}_g / m_0$. This is the gravitational version of the model of a particle in a field. In similar manner, an electric field at a point in

space can be defined in terms of the electric force acting on a test particle with charge q_0 placed at that point. Because charge exists in two varieties, therefore we choose the convention that a test particle always carries a positive electric charge. With this convention, The researcher can introduce the electric version of the particle in a field model—the electric field E at a point in space is defined as the electric force F_e acting on a test particle placed at that point divided by the charge q_0 of the test particle : $E \times q_0 \equiv F_e$ (D.J. Griffiths 1999). The work by A. Maglaras and L. Maglaras in 2014 was to evaluate the electric field distribution in the model of rod plate air gap with a charged barrier under different geometries and arrangements with finite element method. F. Zuo 2014, had shown a geometrical to evaluate the electric field due to a uniformly charged rod by integration method. E.R. Generazio's syudy in 2017 was to construct the photograph of positive and negative electrode of the rotating quasi-static dipole element and measurements electric field imaging may be applied to characterize intrinsic electric potential and field. Thus, an electric field exists at a point if a charged test particle placed at rest at that point experiences an electric force. In this work, we study the numerical results of electric field due to a charged rod with non-symmetric linear charge density $(\lambda(x) = \lambda_0 \frac{x^3}{l^2} e^{-i\beta x} \cos(\pi x))$ where λ_0 is a constant and β is the damping coefficient.

The electric field due to a charged rod with non-symmetric linear charge density as a function of the position

A rod of length ℓ has a uniform linear charge density λ ($\lambda(x) = \lambda_0 \frac{x^3}{\ell^2} e^{-i\beta x} \cos(\pi x)$)(P.Lorrain and D. R. Corson 1962) and a total charge Q . Calculate the electric field at a point P along the axis of the rod, a distance a from one end.

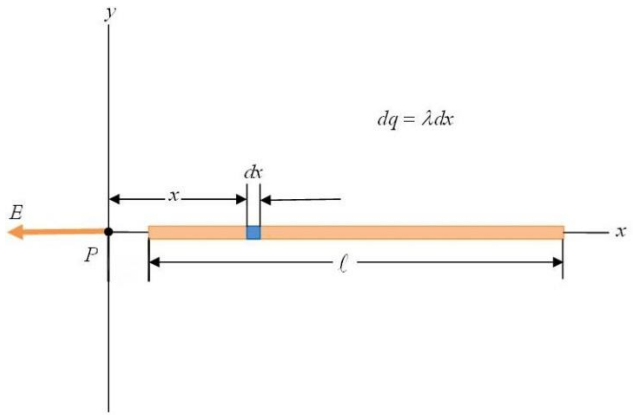


Figure 1The electric field at P due to a uniformly charged rod lying along the x axis. The field at P due to the segment of charge dq is $k\,dq/x^2$. The total field at P is the vector sum over all segment of the rod.

Next, we express the charge dq of the element in terms of the other variables within the integral. If necessary, the integral is expressed in terms of components. Then we reduce the integral to one over a single variable. For this calculation, the rod is taken to be along the $\boldsymbol{x}$ axis. Let us use dx to represent the length of one small segment of the rod and let dq be the charge on the segment. The charge dq on the small segment is $dq = \lambda_0 \frac{x^3}{\ell^2} e^{-i\beta x} \cos(\pi x)\, dx.$ The field $d\mathbf{E}$ (C. A. Brau 2004) due to this segment at the point P is in the negative $\boldsymbol{x}$ direction, and magnitude is

$$dE = \frac{-kdq}{R^2} = -k\frac{\lambda_0 \frac{x^3}{\ell^2} e^{-i\beta x} \cos(\pi x)\, dx}{x^2} \qquad (1)$$

Each element of the charge distribution produces a field in the negative x direction, and so the vector sum of their contributions reduces to an algebraic sum. The total field at P due to all segment of the rod, which are at different distances from P, is given by Equation , which in this case becomes

$$E = \frac{-k\lambda_0}{\ell^2} \cdot \int xe^{-i\beta x} \cos(\pi x)\, dx \tag{2}$$

Where the limits on the integral extend from one end of the rod ($x = 0$) to the other ($x = \ell$). Because k and λ are constants, they can be removed from the integral. Thus, the researcher find this is first equation, The researcher have

$$E = \frac{-k\lambda_0}{\ell^2} \cdot \int_0^{\ell} xe^{-i\beta x} \cos(\pi x)\, dx \tag{3}$$

Choose one of the three factors and set it equal to u. Then put equal to the remaining factor time dv . For definiteness, suppose that we have chosen to put $u = x$, so that $dv = e^{-i\beta x} \cos(\pi x)\, dx$. Calculate $du = dx$ and calculate $v = \int e^{-i\beta x} \cos(\pi x)\, dx$. Do not bother to write a constant of integration for the latter integral. The researcher now have $u = x, \quad du = dx$ and $dv = e^{-i\beta x} \cos(\pi x)\, dx$

$$v = \int e^{-i\beta x} \cos(\pi x)\, dx = \frac{\pi}{(\pi^2 - \beta^2)}\left[e^{-i\beta x} \sin(\pi x)\right] - \frac{i\beta}{(\pi^2 - \beta^2)}\left[e^{-i\beta x} \cos(\pi x)\right]$$

The final total electric field for linear charge density asymmetric solution then is

$$E = \frac{-\hat{i}\, k\lambda_0}{\ell^2} \cdot \left(\left(\frac{e^{-i\beta\ell}}{(\pi^2 - \beta^2)^2}\left(\left((\pi^2 - \beta^2)\ell\pi + 2i\beta\pi\left[\sin(\pi\ell)\right]\right) - \left((\pi^2 - \beta^2)\ell i\beta - \left(\pi^2 + \beta^2\right)\left[\cos(\pi\ell)\right]\right)\right)\right) - \left(\frac{\pi^2 + \beta^2}{(\pi^2 - \beta^2)^2}\right)\right)$$

(4)

The researcher obtained numerical the electric field E in rod (length) is section Numerical and results

Numerical results

The researcher find that the solution of the equation of motion and of the electric field due to a charged rod of linear charge density with damping are the length function. Such the electric field due to a charged which depend on the damping coefficient (β) and the parameter λ_0 constant for oscillatory motion are shown in Figure (2)- (3).

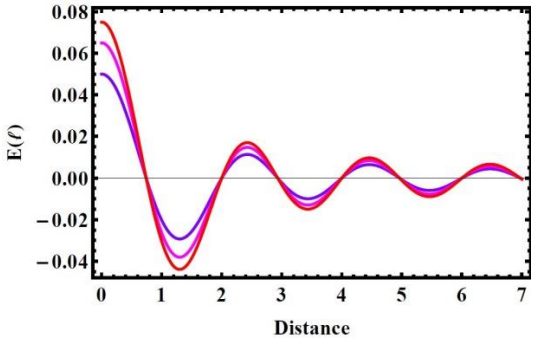


Figure 2 Representation of the electric field due to a charged rod for real number oscillatory motion of electron with vary λ_0 and setting the parameter $\beta = 0.05,\ k = 1$. Purple is $\beta = 0.05$, $\lambda_0 = 0.1$, pink is $\beta = 0.05$, $\lambda_0 = 0.13$, red is $\beta = 0.05$, $\lambda_0 = 0.15$

In figure 2, when we increase λ_0 from 0.1 to 0.13 and 0.13 to 0.15. It will influence the electric field due to a charged rod to be escalated.

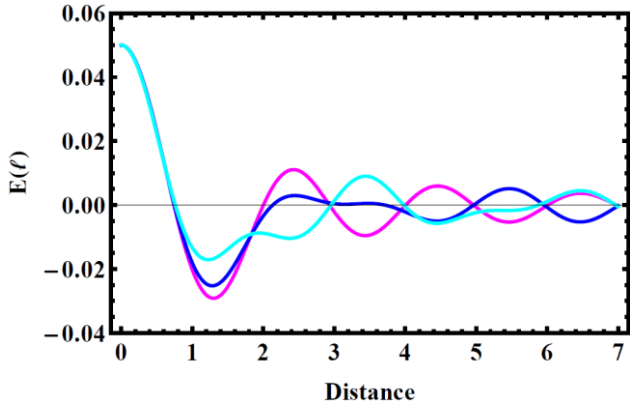


Figure 3 The electric field due to a charged rod for real number oscillatory motion of electron as a function of distance with vary β and $\beta = 0.1, 0.5, 0.9$, $\lambda_0 = 0.1$, $k = 1$, pink is $\beta = 0.1$, $\lambda_0 = 0.1,$ blue is $\beta = 0.5$, $\lambda_0 = 0.1,$ light blue is $\beta = 0.9$, $\lambda_0 = 0.1$

When the damping coefficient β was varied from 0.1 to 0.5 and 0.5 to 0.9 the electric field was found to decrease accordingly as shown in figure 3.

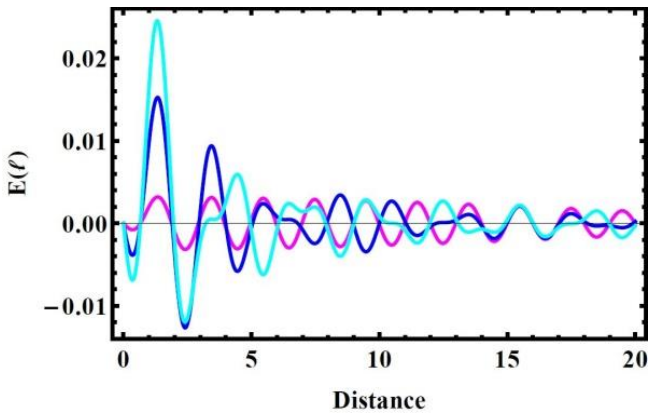


Figure 4 The electric field due to a charged rod for image number oscillatory motion of electron as a function of distance with vary β and $\beta = 0.1, 0.5, 0.9$, $\lambda_0 = 0.1$, $k = 1$ pink is $\beta = 0.1$, $\lambda_0 = 0.1,$ blue is $\beta = 0.5$, $\lambda_0 = 0.1,$ light blue is $\beta = 0.9$, $\lambda_0 = 0.1$

When we supplement coefficient β from0.1 to 0.5 and 0.5 to 0.9. It will influence the electric field due to a charged rod to be declined as shown in figure 4.

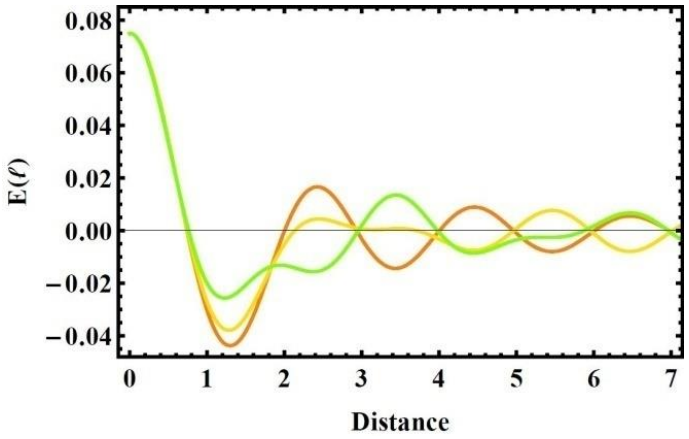


Figure 5 The electric field due to a charged rod for real number oscillatory motion of electron as a function of distance with vary β $\beta = 0.1, 0.5, 0.9$, $\lambda_0 = 0.15$, $k = 1$, orange is $\beta = 0.1$, $\lambda_0 = 0.15$, yellow is $\beta = 0.5$, $\lambda_0 = 0.15$, green is $\beta = 0.9$, $\lambda_0 = 0.15$

Relate to figure 5. when we increase damped coefficient (β) from0.1 to 0.5 and 0.5 to 0.9. It will influence the electric field due to a charged rod to be declined.

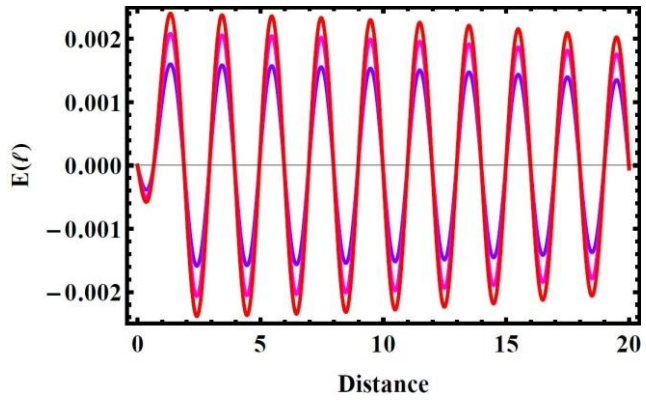


Figure 6 The electric field due to a charged rod for image number oscillatory motion of electron as a function of distance with vary λ_0

Relate to figure 6.when we supplement λ_0 from 0.1 to 0.13 and 0.13 to 0.15. It will influence the electric field due to a charged rod to be escalated.

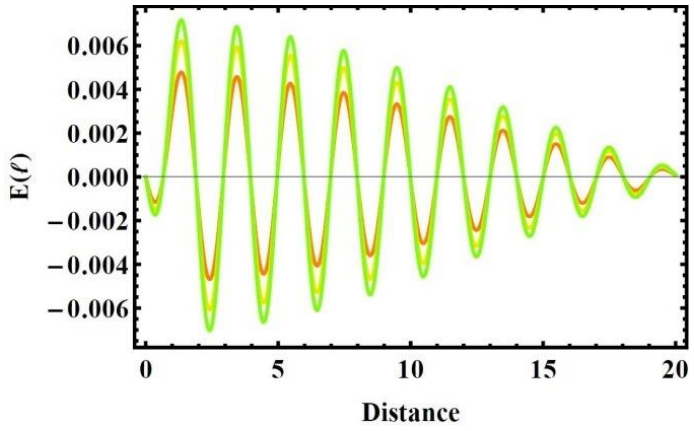


Figure 7 The electric field due to a charged rod for image number oscillatory motion of electron as a function of distance with vary λ_0 $\beta = 0.15$, $\lambda_0 = 0.1, 0.13, 0.15$, $k = 1$, orange is $\beta = 0.15$, $\lambda_0 = 0.1$, yellow is $\beta = 0.15$, $\lambda_0 = 0.13$, green is $\beta = 0.15$, $\lambda_0 = 0.15$

Relate to figure 7, when we supplement from 0.1 to 0.13 and 0.13 to 0.15. It will influence the electric field due to a charged rod to be escalated.

Conclusion

Summary, from figure 2, figure 3, figure 4, when the length pass electric field's vibration that are length's function will depend by function $\cos(\pi\ell)$ and $\sin(\pi\ell)$ but electric field's amplitude will diminish on factor $e^{-i\beta\ell}$

Acknowledgements

We acknowledge Petpittayakom School and The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST)

References

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

C. A. Brau, Modern problems in classical Electrodynamics, 2004 pp.2-24

D.J. Griffiths, Introduction to Electrodynamics, 1999, Prentice-Hall, pp.58-70

E.R. Generazio AIP Conference Proceeding 1806, 020025, 2017

F. Zuo American Journal of Physics September 22 2014

P. Lorrain and D. R. Corson, Electromagnetic Fields and Wave, 1962, W. H. Freeman and Company, pp40-72