

Received: 4 November 2019

Revised: 2 December 2019

Accepted: 15 December 2019

การสร้างแบบจำลองของระบบดาวคู่อุปราคา VZ Psc ด้วยโปรแกรม PHOEBE

Modeling of the VZ Psc Eclipse Binary System by PHOEBE Program

ซูไฮนี แวกาจิ^{1*} นูรีฮัน เปาะฮ์เตเยะ¹ สิตีรอกีเยาะห์ บาระตายะ¹ รุสมาดี้ สะบูดิง และ สมกรณ์ ชัยวรากรณ์^{1*}

Suhainee Waekachi ¹Nureehan Pohetaeyeh ¹Sitirokiyoh Barataya¹ Rusamadee Sabooding
and Sommkorn Chaivarakorn^{1*}

¹สาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

*joiramyru@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสมบัติของระบบดาวคู่ VZ Psc โดยได้มีการสังเกตการณ์ด้วยกล้องโทรทรรศน์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เมตร เชื่อมต่อกับซีซีดีโฟโตเมตรีผ่านแผ่นกรองแสงช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B) สีเหลือง (V) และสีแดง (R) ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา นครราชสีมา ในคืนวันที่ 8 เดือนธันวาคม พ.ศ. 2558 จากการวิเคราะห์กราฟแสง แสดงให้เห็นว่าระบบดาวคู่อุปราคา VZ Psc เป็นระบบดาวคู่ประเภท W UMa และทำให้ทราบค่าเวลาที่มีความสว่างน้อยที่สุดคือ 2455146.368 จากการวิเคราะห์หาพารามิเตอร์ทางกายภาพของระบบดาวคู่อุปราคา VZ Psc ด้วยโปรแกรม PHOEBE ทำให้ได้ชุดพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด โดยมีอัตราส่วนมวลเท่ากับ 0.79 มุมเอียงของระนาบวงโคจรเท่ากับ 48 องศา อุณหภูมิพื้นผิวของดาวปฐมภูมิสูงกว่าดาวทุติยภูมิ 466 เคลวิน และเปอร์เซ็นต์การแตะกันของดาวทั้งสองดวงมีค่าเท่ากับ 38.12%

คำสำคัญ: โฟโตเมตรี, ดาวคู่อุปราคา, ดาวคู่อุปราคา VZ Psc, โปรแกรม ฟีบิ

Abstract

This research study is about the physical properties of the of the VZ Psc Eclipse Binary System. Observations were done at Regional for the Public Observatory Nakhonratchasima, on 8 December 2015, using a 0.7 meter telescope mounted with CCD photometric system in filter B, V and

R. The solution shows that VZ Psc is a type W UMa eclipsing binary system. The minimum light time is 2455146.368. The PHOEBE software was used to compute the best system's parameters. The solution shows that the system with $q = 0.79$. The Inclination $i = 48^\circ$ surface temperature of primary star was higher than the secondary star with 466 Kelvin. and percentages of contact were found to be 38.12%

Keywords: Photometric, Eclipsing Binaries, VZ Psc Eclipse Binary, PHOEBE Program

บทนำ

วิธีดำเนินการวิจัยทางดาราศาสตร์นั้น มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาสมบัติต่าง ๆ ของวัตถุท้องฟ้า แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาวิเคราะห์เพื่อหาสมบัติทางกายภาพต่าง ๆ ของวัตถุท้องฟ้า ทำให้สามารถสังเกตการณ์และตรวจวัดด้วยวิธีการต่าง ๆ จากการใช้อุปกรณ์เปลี่ยนคลื่นแสงเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าหรือสเปกตรัม

การสังเกตการณ์เกี่ยวกับการแปรแสงของดาวทำได้หลายวิธี เช่น การถ่ายภาพ การวัดความเข้มโดยวิธีโฟโตอิเล็กทริกโฟโตเมตรี (Photoelectric Photometry) หรือวิธีซีซีดีโฟโตเมตรี (Charge Coupled Devices Photometry, CCD Photometry) โดยในระบบดาวคู่เหล่านี้จะมีกลไกเกิดขึ้นหลายประการ และเพื่อที่จะศึกษากลไกของระบบดาวคู่มีวิธีการคือ การหาค่ากราฟแสง (light curve) ในช่วงการเกิดอุปราคาที่มีความสำคัญคือค่าแสงเวลาต่ำสุด เพื่อใช้ทำนายธรรมชาติทางกายภาพของระบบดาวคู่ เช่น การถ่ายเทมวล คาบของการแปรแสง และอาจมีดาวดวงที่ 3 อยู่ในระบบ เป็นต้น (Zeilik & Gregory, 1998, p. 235)

ระบบดาวคู่ VZ Psc เป็นดาวคู่อุปราคาแบบตะก้น W UMa ในกลุ่มดาวปลาคู่ (Pisces) โดย Ma และคณะ จาก Shandong University ได้วิเคราะห์คาบการโคจรได้ประมาณ 0.26125897 วัน

โปรแกรม PHOEBE เป็นโปรแกรมสำหรับวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์จากการสังเกตการณ์ลักษณะทางกายภาพของระบบดาวคู่ เพื่อสร้างกราฟแสงสังเคราะห์ (synthetic light curves) ซึ่งสามารถแสดงแบบจำลองระบบดาวคู่จากกราฟแสงที่สอดคล้องกับผลที่ได้จากการสังเกตการณ์

คณะผู้วิจัยมุ่งศึกษาการสร้างแบบจำลองของระบบดาวคู่อุปราคา VZ Psc ด้วยโปรแกรม PHOEBE จากการวิเคราะห์ข้อมูลกราฟแสงจากการสังเกตการณ์และหาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด การหาค่าพารามิเตอร์ทางกายภาพของระบบดาวคู่ เพื่อได้ทราบข้อมูลทางกายภาพของระบบดาวคู่อุปราคา VZ Psc

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อหาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด
2. เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่อุปราคา VZ Psc
3. สร้างแบบจำลองของระบบดาวคู่อุปราคา VZ Psc

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

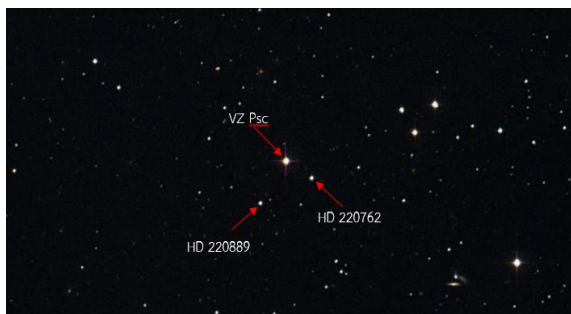
งานวิจัยนี้ทำการเก็บข้อมูลเมื่อ วันที่ 8 เดือนธันวาคม พ.ศ. 2558 การถ่ายภาพระบบดาวคู่อุปราคา VZ Psc ใช้กล้องโทรทรรศน์ขนาด 0.7 เมตร ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา จังหวัดนครราชสีมา เชื่อมต่อกับกล้องซีซีดีโฟโตเมตรี ผ่านแผ่นกรองแสง (filters) ระบบยูบีวี (UBV System) เฉพาะช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B) สีเหลือง (V) และสีแดง (R) และถ่ายภาพ Bias Frame, Dark Frame และ Flat Fields เพื่อนำไปใช้ในการกำจัดสัญญาณรบกวนที่มาจากภาพถ่ายและสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อแสงดาว

2. การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลภาพถ่ายที่สังเกตการณ์ได้จะผ่านกระบวนการรีดักชันภาพ (Image Reduction) และขั้นตอนโฟโตเมตรี (Photometry) ที่ใช้เทคนิคการสังเกตการณ์เปรียบเทียบ (Differential Observation) และวัดแสงด้วยวิธีโฟโตเมตรี ในโปรแกรม AstrolmageJ จากภาพถ่ายระบบดาวคู่อุปราคา VZ Psc ดาวเปรียบเทียบ คือ HD 220889 และดาวตรวจสอบ คือ HD 220762 เมื่อได้ค่าความสว่างของดาวและเปลี่ยนจากเวลา JD เป็น HJD เพื่อคำนวณหาค่า Phase แล้วจึงนำข้อมูลที่ได้นำมาพล็อตกราฟแสงและคำนวณหาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด จากนั้นใช้โปรแกรม PHOEBE เพื่อคำนวณหาค่าพารามิเตอร์และสร้างแบบจำลองของระบบดาวคู่อุปราคา VZ Psc ดังแสดงข้อมูลภาพที่ 1 และตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางข้อมูลระบบดาวคู่ VZ Psc ดาวเปรียบเทียบและดาวตรวจสอบตาม Epoch ค.ศ. 2000

Star	α (2000)	δ (2000)
VZ Psc	23 ^h 27 ^m 48.414 ^s	+04° 51' 27.59"
HD 220889	23 ^h 27 ^m 53.209 ^s	+04° 49' 34.67"
HD 220762	23 ^h 27 ^m 43.426 ^s	+04° 50' 41.26"



ภาพที่ 1 ภาพถ่ายดาวคู่อุปราคา VZ Psc ดาวเปรียบเทียบกับ และดาวตรวจสอบ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. กราฟแสงและเวลาความสว่างน้อยที่สุด

จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์ของระบบดาวคู่อุปราคา VZ Psc ด้วยโปรแกรม AstrolmageJ ของแผ่นกรองแสงช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B) สีเหลือง (V) และสีแดง (R) สามารถนำมาสร้างกราฟแสง โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างค่า HJD กับค่าฟลักซ์ ซึ่งกราฟแสงที่ได้เป็นกราฟแสงของระบบดาวคู่ประเภท W UMa จากนั้นนำกราฟแสงมาคำนวณหาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดของแต่ละความยาวคลื่นและนำค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดคำนวณหาค่ายุค (Epoch) จากสมการ Linear Ephemeris (S. Ma, et al. 2018, pp.1-7) ค่าที่ได้ดังตารางที่ 2

$$\text{Min.I} = \text{HJD}2444556.5246 + 0.26125897\text{E.}$$

ตารางที่ 2 ค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดและค่ายุค (Epoch) ของระบบดาวคู่อุปราคา VZ Psc สังเกตการณ์ได้ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B) สีเหลือง (V) และสีแดง (R)

ดาว	ช่วงความยาวคลื่น	ค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด	Epoch
ระบบดาวคู่	สีน้ำเงิน (B)	2455279.207	41042.35125
VZ Psc	สีเหลือง (V)	2455126.234	40456.84009
	สีแดง (R)	2455033.664	40102.50767
	เฉลี่ย	2455146.368	40533.89967

2. พารามิเตอร์และแบบจำลองของระบบดาวคู่อุปราคา VZ Psc

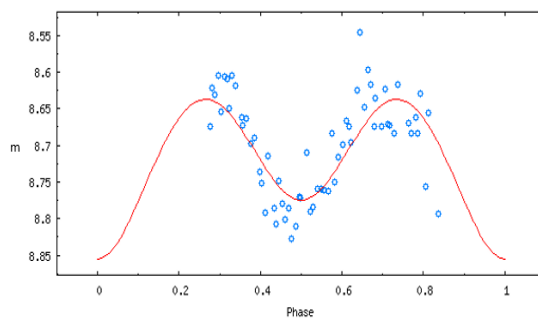
จากการวิเคราะห์ข้อมูลสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่อุปราคา VZ Pcs ด้วยโปรแกรม PHOEBE โดยโปรแกรมจะสังเคราะห์เปรียบเทียบกับกราฟแสงที่ได้จากการสังเกตการณ์ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B) สีเหลือง (V) และสีแดง (R) พบว่า

กราฟแสงสังเคราะห์มีความสอดคล้องกับกราฟแสงที่ได้จากการสังเกตการณ์ ซึ่งค่าพารามิเตอร์ที่ได้เป็นค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด ซึ่งจะพิจารณาจากค่า error รวมทั้งค่า χ^2 ของแต่ละช่วงความยาวคลื่นสร้างข้อมูลกราฟแสงสังเคราะห์ เปรียบเทียบกับกราฟแสงที่ได้จากการสังเกตการณ์ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน สีเหลือง และสีแดง ดังภาพที่ และพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด ดังตารางที่ 3

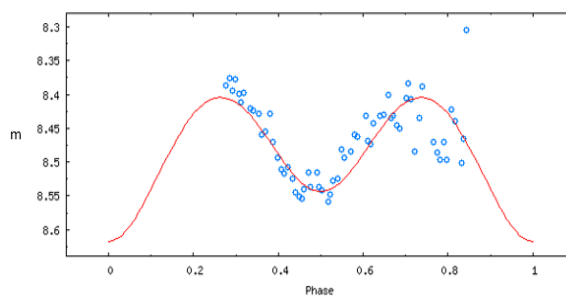
ตารางที่ 3 พารามิเตอร์ที่เหมาะสมในระบบดาวคู่อุปราคา VZ Psc ที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม PHOEBE

พารามิเตอร์	ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด
$\Omega (L_1)$	3.750000
$\Omega (L_2)$	3.246794
Mass 1	1.000000
Mass 2	1.000000
Radius 1	1.000000
Radius 2	1.000000
Log(g)1	4.300000
T(K) 1	6,666
T(K) 2	6,200
i (Degree)	48
$q(=m_2/m_1)$	0.79
Period	0.2612589700
PHSV	3.23000
PCSV	8.00000
A_1	0.5
A_2	0.6
$G_1 = G_2$	0.32

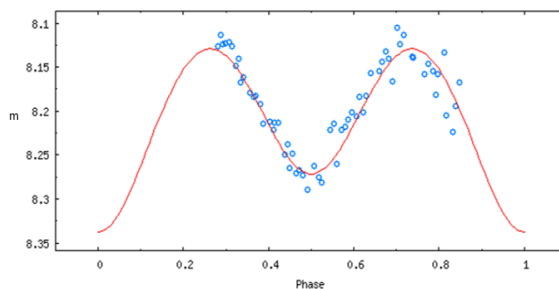
เมื่อสังเกตจากความลึกของกราฟและแบบจำลองของระบบดาวคู่ในช่วงปฐุมภูมิและหตุยภูมิ จะเห็นได้ว่าความลึกของอุปราคาทั้งสองช่วงนั้น มีความแตกต่างกันค่อนข้างชัดเจน โดยที่ช่วงอุปราคาปฐุมภูมิลึกกว่าช่วงหตุยภูมิ เป็นเพราะดาวปฐุมภูมิมีอุณหภูมิมากกว่าดาวหตุยภูมิทำให้มีความสว่างแตกต่างกัน และเมื่อพิจารณาลักษณะการบังกันที่เฟส 0.0 และ 0.5 พบว่ามีระดับที่แตกต่างกัน คือ ในช่วงเฟส 0.0 ดวงที่มีความสว่างน้อยจะบังดาวที่มีความสว่างมากและช่วงเฟส 0.5 ดาวที่มีความสว่างมากจะบังดาวที่มีความสว่างน้อย



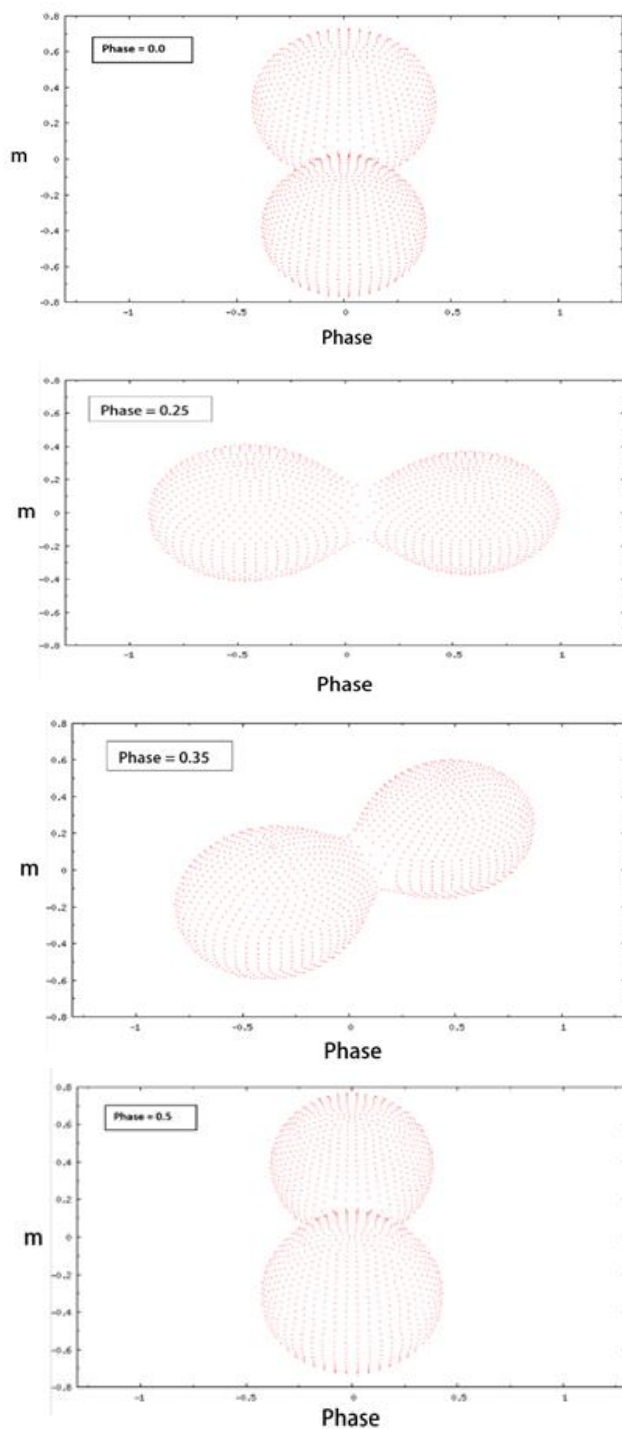
ภาพที่ 2 กราฟแสงสักระยะที่ตรงกับกราฟที่ได้จากการสังเกตการณ์
ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน(B) จากโปรแกรม PHOEBE



ภาพที่ 3 กราฟแสงสักระยะที่ตรงกับกราฟที่ได้จากการสังเกตการณ์
ในช่วงความยาวคลื่นสีเหลือง (V) จากโปรแกรม PHOEBE



ภาพที่ 4 กราฟแสงสักระยะที่ตรงกับกราฟที่ได้จากการสังเกตการณ์
ในช่วงความยาวคลื่นสีแดง(R) จากโปรแกรม PHOEBE



ภาพที่ 5 แบบจำลองของระบบดาวคู่อุปราคา VZ Psc จากโปรแกรม PHOEBE
 สรุปผลการวิจัย

จากการสังเกตการณ์ระบบดาวคู่ VZ Psc ที่ได้ข้อมูลจากหอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา จังหวัดนครราชสีมา ในช่วงความยาวคลื่นแสงสีน้ำเงิน (B) สีเหลือง (V) และสีแดง (R) เมื่อทำการวัดความสว่างวิธีโฟโตเมตรี ด้วยโปรแกรม AstrolmageJ เพื่อสร้างกราฟแสงและวิเคราะห์ ทำให้ทราบถึงค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดเท่ากับ 2455146.368 จากนั้นใช้โปรแกรม PHOEBE ในการสร้างแบบจำลอง เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด ผลการทดลองสรุปได้ว่า ระบบดาวคู่อุปราคา VZ Psc เป็นระบบดาวคู่แบบตะก้น ประเภท W Uma ที่มีคาบวงโคจรเท่ากับ 0.2612589700 วัน และมีมุมเอียงของระนาบวงโคจรเท่ากับ 48° คำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การแตะกันพบว่า ดาวทั้งสองดวงแตะกันเท่ากับ 38.12% อุณหภูมิของดาวปฐมภูมิและดาวทุติยภูมิมีค่าคือ 6,666 และ 6,200 เคลวิน ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบุคลากรทุกท่านของหอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา นครราชสีมา และ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา สงขลา ที่อำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูล ติดตามความก้าวหน้าและให้คำปรึกษาที่ดีตลอด และคอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจด้วยดีตลอดมาจนทำให้การวิจัยสำเร็จได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- เชิดตระกูล หอมจำปา. (2552). โครงสร้างกายภาพของระบบดาวคู่แบบใกล้เคียง. มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. ISSN : 1905-2383
- ตอริก เอ็งปียา, ประสงค์ เกษราธิคุณ และศรัณย์ โปษยะจินดา. (2556). การสังเกตการณ์ทางแสงโดยใช้เทคนิคโฟโตเมตรีแบบซีซีดีของระบบดาวคู่แบบแตะกันวี 701 สโคปีโอ. สาขาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- ตอริก เอ็งปียา. (2557). การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและวิวัฒนาการของระบบดาวคู่แบบแตะกันวี 701 สโคปีโอ. วิทยานิพนธ์, สงขลา : มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- บุญชู สุขอ่วม, วิจิตร ฤทธิธรรม และนงลักษณ์ จันทรพิชัย. (2018). การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่แบบแตะกัน พียู เวอร์โก. สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.
- บุญรักษา สุนทรธรรม. (2550). ดาราศาสตร์ฟิสิกส์. พิมพ์ครั้งที่ 1. เชียงใหม่ : ภาควิชาฟิสิกส์คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. หน้า 328.
- มติพล ตั้งมติธรรม. (2559). คู่มือการศึกษาดาราศาสตร์เชิงปฏิบัติการ. สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)

- รณกฤต รัตนมาลา. (2551 : 34 - 74).ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรและ
วิวัฒนาการของระบบดาวคู่ AK Ci. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. สาขาฟิสิกส์
กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- ศราวุฒิ ชูโลก และคณะ. (2553). วิเคราะห์โครงสร้างและการวิวัฒนาการของระบบ
ดาวคู่เอสวี ทอริ. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์บัณฑิต. สงขลา : มหาวิทยาลัย
ทักษิณ.
- A.Bulutacı, Bulutb Co, andDemircanBc. (2015). First photometric study of
the W Uma system GSC 1042-2191. Volumw 44, April 2016, Pages
35-39.
- i. Bulut, A. Bulut, M.GüneşandDemircan. (2018). Light curve analysis of a
new W Uma system GSC 3581-1856. Volume 58, January 2018,
Pages 90-95.
- S. Ma, K.Li, Q.-C. Li and H-Y.Gao. (2018). Photometric study and arbital
period analysis of the WUma type contact binary VZ Psc.
Institute of Space Sciences, ShandongUniversity,Weihai,264209,
China.February 2018, Pages 1-7.
- W.Kriwattanawong,T.Sarotsakulchai, S. Maungkorn, D. E. Reichart, andJ.P.
Moore. (2018). photometric analysis of the neglected EW-
typebinary V336 TrA. May 2018, Pages1-4.
- Zeilik, M., Gregory, S. A., & Smith, E. P. (1992). Introductory astronomy and
astrophysics. Philadelphia, PA: Saunders College.235