

ISSN 2673-0480 (Online)

วารสาร วิทยาศาสตร์โลก
ดาราศาสตร์ และอวกาศ
Journal of Earth Science, Astronomy and Space



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

บรรณาธิการแถลง

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

ทางวารสารใคร่ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิ คณะกรรมการประเมินอิสระ (Peer Reviewers) เป็นอย่างสูง ที่กรุณาให้เกียรติและเสียสละเวลาในการพิจารณา ถิ่นกรอง แก้ไข และให้ข้อเสนอแนะแก่บทความวิจัย เพื่อความสมบูรณ์ และประโยชน์ สูงสุดในทางวิชาการ และขอขอบคุณผู้วิจัยที่ร่วมสร้างสรรค์ผลงาน เพื่อร่วมกันพัฒนา ทั้งในมิติของการศึกษา งานวิจัย และสังคม

ผศ.ดร.สุวิทย์ นามมหาจักร
บรรณาธิการ

กองบรรณาธิการ

ผศ.ดร.สุวิทย์ นามมหาจักร มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี	บรรณาธิการ
ผศ.ดร.สุรจิตร์ พระเมือง มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย	กรรมการ
รศ.ดร.วิลาวรรณ คำหาญ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร	กรรมการ
ผศ.ดร.ภักดิ์วัฒน์ วงศ์วรรณวัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี	กรรมการ
ดร.จุฑารัตน์ กลิ่นแก้วณรงค์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี	กรรมการ
ผศ.ดร.พัตดาวัน นาใจแก้ว มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี	กรรมการและเลขานุการ

คณะกรรมการประเมินอิสระ (Peer Reviewers) ตรวจสอบทางวิชาการ

รศ.บุญรักษา สุนทรธรรม

สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)

รศ.ดร.ธนา ยีรัมย์

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ผศ.ดร.สุวิทย์ นามมหาจักร

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ผศ.ดร.ภควัฒน์ วงศ์วรรณวัฒนา

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

ผศ.ดร.ชีวะ ทักนา

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ผศ.ดร.กนต์ธีร์ กิจเกียรติพงษ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

ผศ.อร่าม ชนะโชติ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

ผศ.รณกฤต รัตนมาลา

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

ดร.กฤษฎา บุญชม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

ดร.นรากรณ์ แก้วขาว

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
กองบรรณาธิการ	ก
สารบัญ	ง
บทความวิชาการ	
การสังเกตการณ์ดาราศาสตร์ทางแสงด้วยอุปกรณ์อย่างง่าย วิระภรณ์ ไหมทอง	1
ทวิตเตอร์กับการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สุภัทร สายรัตนอินทร์	13
บทความวิจัย	
การคำนวณหาค่าระยะทางและพลังงานศักย์ยังผลของอนุภาคประจุไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ 25 ภายใต้แรงเข้าสู่ศูนย์กลางที่เป็นฟังก์ชันตรีโกณมิติขึ้นอยู่กับรัศมีของวงโคจร $F(R)$ จิราวรรณ ทรัพย์ทิพย์ ปิยรัตน์ มุลศรี และอาทิตย์ หู้เต็ม	25
การคำนวณหาอายุและระยะทางของกระจุกดาวเปิด M38 วิชา ปานเจริญ สิริวิชญ์ วิเศษ สิริวิชญ์ รุ่งโรจน์ สุกัญญา สง่าแก้ว และนิรุช ล้าเลิศ	37
Determination of the Time-Dependent Velocity for Charged Particle via Cosine Electrostatic Function Artit Hutem, Sanit Suwanwong, Treenuch Ellis and Nutnicha Masoongnoen	46
การคำนวณหาสนามไฟฟ้าเนื่องจากการแจกแจงประจุแบบต่อเนื่อง ภายใต้ความหนาแน่นประจุเชิงเส้นฟังก์ชันไซน์ของการเคลื่อนที่สั้น ณัฐนิชา มะสูงเนิน ปิยรัตน์ มุลศรี ตรีนุช เอลลิส ศานิตย์ สุวรรณวงศ์ และอาทิตย์ หู้เต็ม	58
องค์ประกอบของค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจาก ผลของบรรยากาศของโลก ณ อุทยานดาราศาสตร์สิรินธร ดลฤดี สุขใจ ถิรนนท์ สอนแก้ว นิพนธ์ นายหว่าง ธนกิจ ใจพะยัค กัญญ์วรา พานประทีป สุพรรณษา กาไชยา ณัฐกานต์ จันทร์ทิพย์ สมสวัสดิ์ รัตนสุรย์ และ Ronald Macatangay	70
การวิเคราะห์เวลาที่แสงน้อยที่สุดของระบบดาวคู่ CR Scl ชูรีนา สาแม อาบอร์ สมะมะแอ อาดีละห์ เทษา นุรมา ดาลี และสมกรณ์ ชัยวารกรณ์	82
การศึกษาหาระยะทาง อายุและอุณหภูมิของกระจุกดาวเปิด M29 ชาฮีด้า สาแม นารินี มะเต็ง รุสนี มะเต็ง และสมกรณ์ ชัยวารกรณ์	90

Received: 15 November 2021

Revised: 3 December 2021

Accepted: 11 December 2021

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

ซาฮิดา สาแม^{1*} นารินี มะเด็น¹ รุสนี มะเด็น¹ สมกรณ์ ชัยวารกรณ์¹
Sahida Samae¹ Narinee Madeng¹ Rusnee Madeng¹ and Sommkorn Chaiwarakorn¹

¹ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

*Sund9873@gmail.com

บทคัดย่อ

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

คำสำคัญ: กระจุกดาวเปิด M29, ระยะทาง, อายุ, อุณหภูมิ

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

Keywords: Open Clusters M29, Distance, Age, Temperature

บทนำ

ดาวฤกษ์เป็นวัตถุท้องฟ้าที่เป็นก้อนพลาสมาสว่างขนาดใหญ่ที่คงอยู่ได้ด้วยแรงโน้มถ่วง ดาวฤกษ์ที่อยู่ใกล้โลกมากที่สุด คือ ดวงอาทิตย์ ซึ่งเป็นพลังงานหลักของโลก และสามารถมองเห็นดาวฤกษ์อื่นๆ ได้บนท้องฟ้ายามราตรี ดาวฤกษ์ที่อาศัยอยู่ร่วมกันเรียกว่า กระจุกดาว ซึ่งกระจุกดาวเป็นแหล่งรวมของดาวฤกษ์จำนวนมากอยู่ใกล้กัน กระจุกดาวบางกลุ่มจะมีดาวกระจุกกระจายกันอย่างหลวมๆ แต่บางกลุ่มมีดาวจำนวนมากอยู่รวมกันอย่างหนาแน่น โดยทั่วไปกระจุกดาวแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ กระจุกดาวเปิด และกระจุกดาวทรงกลม ดังนั้นการศึกษากระจุกดาวส่วนใหญ่จะศึกษาสมบัติทางกายภาพ เช่น อุณหภูมิพื้นผิว มวล และประเภทของดาวฤกษ์

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

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อคำนวณหระยะทาง อายุและอุณหภูมิของกระจุกดาวเปิดM29

แนวคิด ทฤษฎี กรอบแนวคิด

กระจุกดาวเป็นระบบของดาวฤกษ์จำนวนมากที่อยู่ใกล้กัน ดาวสมาชิกต่างๆ จะมีการเคลื่อนที่คล้อยจองกัน ด้วยความเร็วเท่ากันหมดและอยู่ห่างจากผู้สังเกตเท่ากัน จากการสังเกตกระจุกดาวต่างๆ ทำให้นักดาราศาสตร์สามารถจัดแบ่งกระจุกดาวออกได้ 2 จำพวกคือ กระจุกดาวเปิด และกระจุกดาวทรงกลม (ดาร์รงค์ดี มณีพงษ์สวัสดิ์, 2532)

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

$$V - M_v = 5 \log d - 5 \quad (1)$$

เมื่อ V คือ โคติมาตรปรากฏของแสงสีที่ตามองเห็น, M_v คือ โคติมาตรสัมบูรณ์ของแสงสีที่ตา มองเห็น, d คือ ระยะทางของกระจุกดาว M34 มีหน่วยเป็น (pc) (บุญรักษา สุนทรธรรม, 2550) ซึ่งดังที่ได้นี้ สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ระยะทางของกระจุกดาว

สีและดัชนีสี ดาวทั้งหลายที่ปรากฏอยู่บนท้องฟ้ามีสีแตกต่างกันไปตั้งแต่สีแดงจนถึงสีน้ำเงินในช่วงที่สเปกตรัมที่ตามองเห็นได้ เช่น ดาวบีเทลจุส และดาวแอนทาร์ริส จะมีสีแดงส่วนดาวซีริอัสจะมีสีขาว และดาวไรเจลมีสีน้ำเงินแกมขาว เป็นต้น

ตาของมนุษย์มีความไวต่อแสง สีแดงและสีเหลืองมากกว่าสีน้ำเงิน ดังนั้นตาจะเห็นดาวสีน้ำเงินมีค่าโคติมาตรมากกว่าดาวสีแดงเมื่อดาวทั้งสองนี้มีกำลังส่องสว่างที่แท้จริงและระยะทางเท่ากัน แต่ถ้าฟิล์มถ่ายรูปจะเกิดผลตรงข้าม กล่าวคือ ภาพของดาวสีน้ำเงินที่เกิดบนแผ่นฟิล์มจะใหญ่ และเข้มกว่าภาพของดาวสีแดงเมื่อใช้เวลาถ่ายภาพเท่ากันความแตกต่างเหล่านี้มาเป็นหลักในการพิจารณา สีและดัชนีของดวงดาว โดยกำหนดว่าดัชนีสี คือ ผลต่างของโคติมาตร เมื่อวัดด้วยอุปกรณ์แสง 2 ชนิด ซึ่งมีผลตอบสนองแสงต่างกันในการสังเกตการณ์ทางโฟโตเมตรี ถ้าใช้แผ่นกรองแสงสีน้ำเงินวัดโคติมาตรได้ B และถ้าใช้แผ่นกรองแสงสีเหลืองวัดโคติมาตรได้ V ดังนั้นจะเห็นได้ว่า

$$(C) = B - V$$

$$(C) = -2.5 \log(c_b c_v) \tag{2}$$

เมื่อ C_b คือ ค่านับสุทธิในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B)

C_v คือ ค่านับสุทธิในช่วงความยาวคลื่นสีเหลือง (V)

ดาวที่มีสีน้ำเงินดัชนีสีจะเป็นลบ ดาวที่มีสีเหลืองค่าจะเป็นบวก และถ้าดาวเป็นดาวสีขาวถือว่าดาวดวงนี้จะมีผลตอบสนองต่อสีน้ำเงินและสีเหลืองเท่ากัน ค่าดัชนีสีเท่ากับ ศูนย์สี (ไพบูลย์ ทองเชื้อ, 2549)

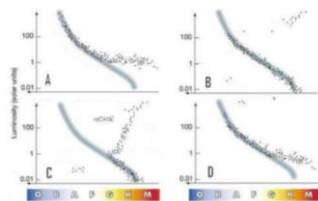
Class ⇄	B-V ⇄	U-B ⇄	V-R ⇄	R-I ⇄	T_{eff} (K) ⇄
O5V	-0.33	-1.19	-0.15	-0.32	42,000
B0V	-0.30	-1.08	-0.13	-0.29	30,000
A0V	-0.02	-0.02	0.02	-0.02	9,790
F0V	0.30	0.03	0.30	0.17	7,300
G0V	0.58	0.06	0.50	0.31	5,940
K0V	0.81	0.45	0.64	0.42	5,150
M0V	1.40	1.22	1.28	0.91	3,840

ภาพที่ 1 ค่าดัชนีสีของดาวฤกษ์

(ที่มา : <https://en.wikipedia>.)

อุณหภูมิยังผลของดาวฤกษ์เป็นอุณหภูมิของดาวที่มีการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งถือเป็นการแผ่รังสีของวัตถุดำ โดยอุณหภูมิที่ผิวของดาวฤกษ์ที่เป็นผลรวมของทุก

ดาวทุกดวงส่วนใหญ่ปรากฏขึ้นบนแถบที่วิ่งจากด้านบนซ้ายไปยังด้านล่างขวาที่เรียกว่าลำดับหลัก นี่คือนิวเคลียสเหมือนดวงอาทิตย์ของเราซึ่งหลอมไฮโดรเจนเข้าสู่ฮีเลียม ดาวทุกดวงใช้ชีวิตส่วนใหญ่บนแถบลำดับหลัก หากดาวเริ่มหลอมรวมองค์ประกอบที่หนักกว่ามันจะย้ายออกจากลำดับหลักไปทางด้านขวาบนของแผนภาพเพื่อเป็นดาวยักษ์และดาวยักษ์ใหญ่เนื่องจากดาวฤกษ์ในแถบลำดับหลักที่ร้อนขึ้นจะเริ่มหลอมรวมฮีเลียมเร็วกว่าดาวลำดับหลักที่เย็นกว่าดังนั้นแผนภาพ H-R Diagram จึงสามารถใช้หาอายุของกระจุกดาวได้ ดาวฤกษ์ในกระจุกมักจะก่อตัวในเวลาเดียวกันดังนั้นพวกมันจึงมีอายุเท่ากันและเนื่องจากเราสามารถทำนายอายุขัยของดาวตามขนาดเราสามารถบอกได้ว่ากระจุกดาวมีอายุเท่าไรโดยดูว่าดาวใดเป็นเพียงแค่ออกมาจากลำดับหลัก



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

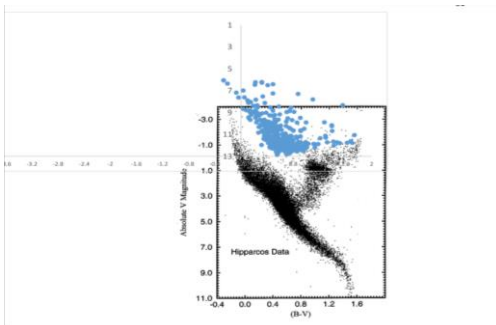
ในภาพด้านบนกลุ่มที่อายุน้อยที่สุดอยู่ทางซ้ายและด้านที่เก่าที่สุดอยู่ทางขวา ขอให้สังเกตว่าดาวที่ส่องสว่างมากเริ่มเคลื่อนไปยังระยะยักษ์ก่อน นี่เป็นดาวที่มีมวลมากที่สุดและมีอายุสั้นที่สุด

วิธีดำเนินการวิจัย

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

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากภาพที่ 2 คือกราฟ H-R Diagram ที่ได้วิเคราะห์จากโปรแกรม Excel นำมาเปรียบเทียบกับ H-R Diagram มาตรฐานของดาวฤกษ์ในแถบลำดับหลักเพื่อหาจุดเบนออกจากแถบลำดับหลัก (Turnoff Point)



ภาพที่ 4 การซ้อนทับแผนภาพแฮร์ทสปรุง-รัสเซลล์

1. การคำนวณหาระยะทางของกระจุกดาวเปิด M29

$$V - M_v = 5 \log d - 5$$

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

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

$$d = 10^{2.512}$$

$$d = 325.087297 \text{ pc}$$

2. การคำนวณหาอายุของกระจุกดาวเปิด M29

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

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

$$\approx 4,312,011,504 \text{ year}$$

3. การเทียบหาอุณหภูมิของกระจุกดาวเปิด M29

$$= B-V$$

$$\approx 0.3$$

$$= 7,300 \text{ เคลวิน}$$

สรุปผลการวิจัย

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

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือเป็นอย่างดียิ่งจาก นายสุวณิตย์ วุฒิสงษ์ เจ้าหน้าที่สารสนเทศ และนางสาวณัฐยา ศิริวินสกุล เจ้าหน้าที่สารสนเทศชำนาญการ ที่ชี้แนะแนวทาง ในการจัดเก็บข้อมูล ให้คำปรึกษาและการแก้ปัญหาต่าง ๆ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงยิ่ง

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

เอกสารอ้างอิง

- ฉัตรสกุล อุ่นเพชร และคณะ. (2561). การคำนวณหาระยะทางและอายุ ของกระจุกดาว M48. การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ครั้งที่ 3 (ฉบับที่ 2).
- ตระกูลเกียรติ ปัตถภัย และคณะ. (2560). การศึกษากระจุกดาว M37. วารสารวิทยาศาสตร์โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ปีที่ 1 (ฉบับที่ 1).
- ยุพยงค์ สันทมครบุรี. (2541). การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของกระจุกดาวเปิด M41 โดยเทคนิค ซีซีดี โฟโตเมตรี. วิทยาสตรมหาบัณฑิต (สาขาการสอนฟิสิกส์). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สุพรรณณี ไพโรศรีจันทร์. (2549). สมบัติทางกายภาพของกระจุกดาวปิด M15. วิทยานิพนธ์ วิทยาสตรมหาบัณฑิต (สาขาวิชาฟิสิกส์)มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- อำนวยการ เสนอดี. (2548). วิวัฒนาการของกระจุกดาวเปิด M45 โดยเทคนิค ซีซีดี โฟโตเมตรี. วิทยาสตร มหาบัณฑิต (สาขาการสอนฟิสิกส์). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ไพบูลย์ ทองเชื้อ. (2549). การสร้างและวิเคราะห์แผนภาพเฮช-อาร์ของกระจุกดาวเปิด M35. วิทยานิพนธ์ วิทยาสตรมหาบัณฑิต (สาขาวิชาฟิสิกส์). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.