

การวัดระยะทางจากโลกถึงกระจุกดาวทรงกลม โดยใช้ดาวแปรแสงแบบเซฟีอิด

นางสาวบุษราคัม นามยุคา

email: bootsarakam@gmail.com

โรงเรียนหกลีบพรรณษาวิทยาคม อุบลราชธานี

อาจารย์ที่ปรึกษา

นางสาวยุพาพรรณ วรรณสาย

วันที่ 15 ธันวาคม พ.ศ. 2556

บทคัดย่อ/Abstract

การวัดระยะทางจากโลกถึงกระจุกดาวทรงกลม โดยใช้ดาวแปรแสงแบบเซฟีอิด มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างกราฟการแปรแสง และวัดระยะทางจากโลกถึงกระจุกดาวทรงกลม โดยกระจุกดาวทรงกลมที่เลือกศึกษามีสองกระจุกดาว คือ NGC7089 และ NGC5139 ตามลำดับ ใช้ข้อมูลภาพถ่ายกระจุกดาวทรงกลมจาก กล้อง Panchromatic Robotic Optical Monitoring and Polarimetry Telescopes (PROMPT5) ณ ประเทศชิลี เป็นภาพถ่ายใน filter V สร้างกราฟแสงของดาวเซฟีอิดโดยวิธีการทำ Aperture Photometry แล้ววัดระยะทางจากโลกถึงกระจุกดาวทรงกลม

จากการวิเคราะห์และผลการวิเคราะห์พบว่ากระจุกดาวทรงกลม NGC7089 มีระยะทางห่างจากโลกเป็นระยะทาง 36,000 ปีแสง และ NGC5139 มีระยะทางห่างจากโลกเป็นระยะทาง 20,000 ปีแสง

บทนำ/Introduction

โครงการวิจัยนี้เป็นโครงการที่ทำเพื่อวัดระยะทางจากโลกถึงกระจุกดาวทรงกลม โดยใช้ดาวแปรแสงแบบเซฟีอิด โดยที่กระจุกดาวทรงกลม คือ กระจุกดาวที่มีดาวฤกษ์รวมกันอยู่ได้โดยแรงโน้มถ่วงระหว่างกันและมีดาวฤกษ์จำนวนมากอยู่รวมกันเป็นก้อนทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกระจุกดาวมีตั้งแต่หลายสิบลปีแสงเป็นต้นไป และดาวแปรแสงแบบเซฟีอิด (Cepheid Variable Star) คือดาวขนาดใหญ่ที่มีการเปลี่ยนแปลงของธาตุฮีเลียมบนพื้นผิว เมื่อ He^+ สูญเสียประจุกลายเป็น He^{2+} ทำให้ดาวมีลักษณะทึบแสง และสามารถดูดกลืนแสงได้ง่าย ทำให้ผิวร้อนขึ้นจึงมีการพองตัวออกและจะเกิดการเย็นตัวลงกลับมาเป็น He^+ ซึ่งโปร่งแสง จะเกิดการยุบ-ขยายตัวในลักษณะนี้ซ้ำไปซ้ำมา ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้ทำให้ดาวแปรแสงแบบเซฟีอิดมีความสัมพันธ์ระหว่าง

คาบ คือมีคาบการแปรแสงที่สม่ำเสมอและมีกำลังการส่องสว่างที่ชัดเจน นักดาราศาสตร์จึงกำหนดให้เป็นเทียนมาตรฐานที่ใช้ในการวัดระยะห่างระหว่างโลกกับวัตถุในอวกาศ โดยขอบเขตของการศึกษาคือ การสร้างกราฟแสงของดาวเซฟีอิด ซึ่งเป็นดาวเซฟีอิดประเภท Type II Cepheid ในกระจุกดาวทรงกลมเพื่อหาคาบการแปรแสง และวัดระยะทางจากโลกถึงกระจุกดาวทรงกลม โดยใช้หลักการการหาโมดูลัสของระยะทาง กล่าวคือ ถ้าหากทราบค่าแมกนิจูดสัมบูรณ์ และค่าแมกนิจูดปรากฏเฉลี่ย ก็สามารถวัดระยะทางจากโลกถึงกระจุกดาวทรงกลมได้ โดยใช้สมการการหาระยะทาง $m - M = 5 \log(d) - 5$ โดยที่ m คือแมกนิจูดปรากฏเฉลี่ย, M คือแมกนิจูดสัมบูรณ์ และ d คือระยะทางระหว่างโลกกับดาวเซฟีอิดดวงที่ศึกษาโดยผลลัพธ์ที่ได้จะมีหน่วยเป็น parsec และมีสมการที่เกี่ยวข้องในการทำการศึกษาครั้งนี้ คือ

สมการการหาแมกนิจูดปรากฏ $m_1 - m_2 = -2.5 \log(f_1 / f_2)$ โดยที่ m_1 และ f_1 คือแมกนิจูดของดาวอ้างอิงที่เราทราบค่าแน่นอนอยู่แล้ว และค่า values ของดาวอ้างอิงตามลำดับส่วน m_2 และ f_2 คือแมกนิจูดของดาวเป้าหมายที่ต้องการทราบและค่า values ของดาวเป้าหมายเช่นกัน สมการการหาแมกนิจูดสัมบูรณ์ $M_V = -1.64 \log P + 0.05$ โดยที่ M_V คือค่าแมกนิจูดสัมบูรณ์ในภาพถ่าย filter V และ P คือคาบการแปรแสงของดาวที่หาได้จากการ plot กราฟ

ประโยชน์ที่ได้จากการทำโครงการวิจัย คือ ทำให้เราทราบถึงคาบการแปรแสงของดาวและทำให้เราได้ทราบถึงระยะห่างระหว่างโลกกับกระจุกดาวทรงกลม NGC7089 และ NGC5139 และหากต้องการทราบระยะห่างระหว่างโลกกับกระจุกดาวทรงกลมอื่นๆ สามารถทำได้เช่นกันโดยสามารถใช้โครงการวิจัยฉบับนี้เป็นแนวทางในการศึกษาต่อไปได้

ขั้นตอนการศึกษา/Procedure

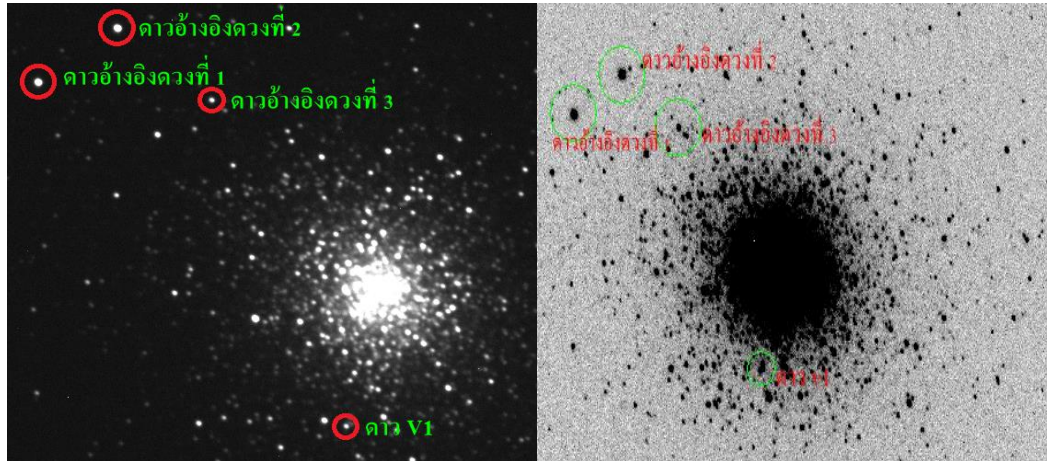
โครงการวิจัยการวัดระยะทางจากโลกถึงกระจุกดาวทรงกลมโดยใช้ดาวแปรแสงแบบเซฟีอิดสามารถทำได้โดยการศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อโครงการซึ่งได้แก่ ศึกษาประเภทของดาวเซฟีอิดที่ศึกษา ศึกษาโปรแกรมที่จำเป็นต้องใช้ในการทำโครงการ, เลือกดาวที่เราสามารถใช้ศึกษาได้ในระยะเวลาที่ต้องการศึกษา และศึกษาสมการที่เกี่ยวข้องกับการทำโครงการวิจัยนี้ โดยอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำโครงการครั้งนี้คือ กล้อง Panchromatic Robotic Optical Monitoring and Polarimetry Telescopes (PROMPT5) ถ่ายภาพกระจุกดาวทรงกลม NGC7089 และ NGC5139 โดยใช้ filter V ในระบบมาตรฐาน UVB System ใช้เวลาในการเปิดหน้ากล้อง 40 วินาที และ 45 วินาที ตามลำดับของ

กระจุกดาวทรงกลม โดยส่งถ่ายทุกวันวันละ 1 ภาพ และนำภาพถ่ายที่ได้ในแต่ละวัน ไปตรวจสอบตำแหน่งดาวเซฟีอิด V1 ใน NGC7089 และ V29 ใน NGC5139 และหาดาวอ้างอิงประเภท star หรือดาวอ้างอิงที่ไม่เป็นดาวแปรแสงจาก SIMBAD

เมื่อทราบตำแหน่งดาวแปรแสงและดาวอ้างอิงขั้นตอนต่อไปเป็นการวัดความสว่างโดยวิธีการทำ Aperture Photometry เทียบกับดาวอ้างอิงสามดวงโดยเลือกใช้โปรแกรม Iris เมื่อทำ Aperture Photometry ก็จะได้ทราบค่า Intensity แล้วนำค่า Intensity ที่ได้ไปหาแมกนิจูดปรากฏของแต่ละวัน โดยแทนในสมการ $m_1 - m_2 = -2.5 \log (f_1 / f_2)$ เมื่อทราบแมกนิจูดปรากฏของแต่ละวันแล้วให้นำไป plot เป็นกราฟแสง เพื่อหาคาบการแปรแสง เมื่อกราฟแสงสมบูรณ์แล้วจะต้องนำค่าแมกนิจูดปรากฏของแต่ละวันของดาวทุกภาพมาเฉลี่ยรวมกัน เพื่อให้ทราบแมกนิจูดปรากฏเฉลี่ย (m) ของดวงดาว และวัดคาบการแปรแสงโดยการนำค่า JD ของภาพถ่ายดาวจุดครบคาบการแปรแสงมาลบกับค่า JD ของภาพถ่ายดาวจุดเริ่มต้นคาบการแปรแสง ($JD_{\text{last of period}} - JD_{\text{start of period}}$) เมื่อทราบคาบการแปรแสงจากการ plot กราฟแสงแล้วจะต้องนำค่าคาบที่ได้ไปหาค่าแมกนิจูดสัมบูรณ์ (M) โดยแทนลงในสมการ $M_V = -1.64 \log P + 0.05$ เมื่อทราบค่าแมกนิจูดปรากฏเฉลี่ยและค่าแมกนิจูดสัมบูรณ์ ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการวัดระยะห่างระหว่างโลกกับกระจุกดาวทรงกลมโดยสมการ $m - M = 5 \log (d) - 5$ โดยหน่วยที่ได้จะเป็น parsec โดย 1 parsec จะมีค่าประมาณ 3.26 ปีแสง

ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ข้อมูล/Results and Data Analysis

- ดาวแปรแสงแบบเซฟีอิด V1 ในกระจุกดาวทรงกลม NGC7089



(ก)

(ข)

ภาพที่ 1: ภาพถ่ายดาว V1 และดาวอ้างอิงทั้ง 3 ดวง ในกระจุกดาวทรงกลม NGC7089 โดยภาพ

(ก) เป็นภาพปกติ และภาพ (ข) เป็นภาพที่ปรับขาวดำ

- ตารางแสดงตำแหน่ง RA , DEC

ดาว	ตำแหน่ง RA	ตำแหน่ง DEC	Magnitude in filter V
V1	+21h 33m 28.5s	-00° 47' 55"	-
ดาวอ้างอิงดวงที่ 1	+21h 33m 41.890s	-00° 51' 40.10"	11.50
ดาวอ้างอิงดวงที่ 2	+21h 33m 38.560s	-00° 52' 15.59"	11.47
ดาวอ้างอิงดวงที่ 3	+21h 33m 34.328s	-00° 51' 28.46"	13.74

จากการหาค่า Intensity ของ V1 และดาวอ้างอิงประเภท star ทั้งสามดวง ใน Iris แล้ว เมื่อนำมา

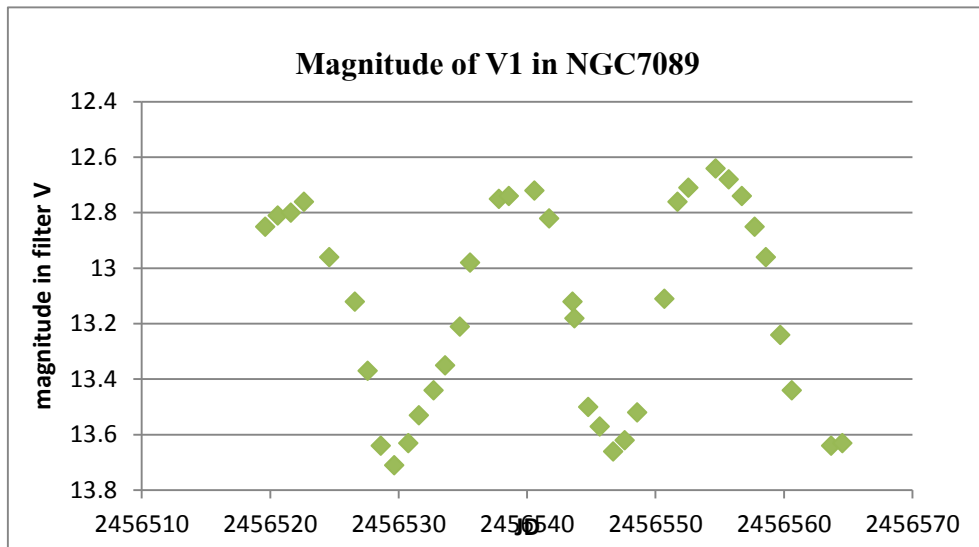
แทนลงในสมการ $m_1 - m_2 = -2.5 \log(f_1 / f_2)$ เพื่อหาค่า แมกนิจูดปรากฏของ V1 เมื่อ

เทียบกับดาวอ้างอิงทั้งสามดวงในแต่ละวัน ได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางแสดงค่าแมกนิจูดปรากฏในแต่ละวันของดาวเซฟีอิด V1

Julian day(JD)	Magnitude NGC7089 V1
2456530.741	13.63
2456531.563	13.53

2456532.708	13.44
2456533.619	13.35
2456534.774	13.21
2456535.563	12.98
2456537.796	12.75
2456538.584	12.74
2456540.564	12.72
2456541.723	12.82
2456543.527	13.12
2456543.696	13.18
2456544.758	13.5
2456545.644	13.57
2456546.692	13.66
2456547.592	13.62
2456548.563	13.52
2456550.693	13.11
2456551.699	12.76
2456552.563	12.71
2456554.671	12.64
2456555.702	12.68
2456556.708	12.74
2456557.722	12.85
2456558.594	12.96
2456559.716	13.24
2456560.609	13.44
2456563.664	13.64
2456564.55	13.63



ภาพที่ 3: กราฟแสงที่ได้จากการหาแมกนิจูดปรากฏในแต่ละวัน เมื่อเทียบกับดาวอ้างอิง 3 ดวง

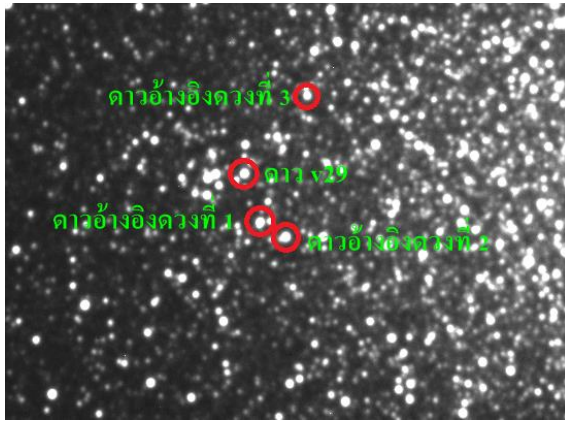
จากกราฟกำหนดให้แกน X แทนค่า Julian day (JD) โดยที่ Julian day คือ จำนวนวันที่ผ่านไปบนโลกนับจากวันที่ 1 มกราคม เป็นเวลา 4713 ปีก่อนคริสตกาลมาจนถึงปัจจุบัน และแกน Y แทนค่าแมกนิจูดปรากฏในแต่ละวัน เมื่อนำค่าแมกนิจูดปรากฏที่ได้จากการเทียบกับดาวอ้างอิงสามดวงทั้งหมดในตารางมาเฉลี่ยรวมกัน แมกนิจูดของดาว V1 นี้จะมีค่าประมาณเป็น 13.24

จากค่า JD ในตารางสามารถหาคาบการแปรแสงได้ดังนี้ 2456547.592 - 2456530.741 และคาบการแปรแสงที่คำนวณได้จะมีค่าประมาณเป็น 16.85 วัน

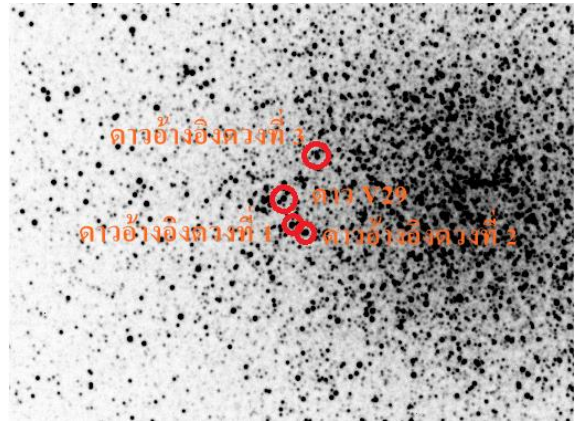
จากสมการ $M_V = -1.64 \log P + 0.05$ โดยการแทนคาบการแปรแสงที่หาได้ลงในสมการ ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณค่าของแมกนิจูดสัมบูรณ์จะมีค่าประมาณเป็น -1.96

ได้ค่าแมกนิจูดปรากฏเฉลี่ย(m) และค่าแมกนิจูดสัมบูรณ์(M) นำมาหาระยะห่างระหว่างโลกกับกระจุกดาวทรงกลมนี้ ได้โดยการแทนค่าแมกนิจูดปรากฏเฉลี่ยคือ 13.24 และค่าแมกนิจูดสัมบูรณ์ คือ -1.96ลงในสมการ $m - M = 5 \log (d) - 5$ เมื่อแทนค่าแล้วค่าระยะทางจากโลกถึงดาวเซฟิอิด V1ในกระจุกดาวทรงกลม NGC7089 นี้จะเป็น 11,000 parsec

ดาวแปรแสงแบบเซฟีอิด V29 ในกระจุกดาวทรงกลม NGC5139



(ก)



(ข)

ภาพที่ 2: ภาพถ่ายดาว V29 และดาวอั้งอิงทั้งสามดวง ในกระจุกดาวทรงกลม NGC5139 โดยภาพ (ก) เป็นภาพปกติ และภาพ (ข) เป็นภาพที่ปรับขาวดำ

-

- ตารางแสดงตำแหน่ง RA ,DEC

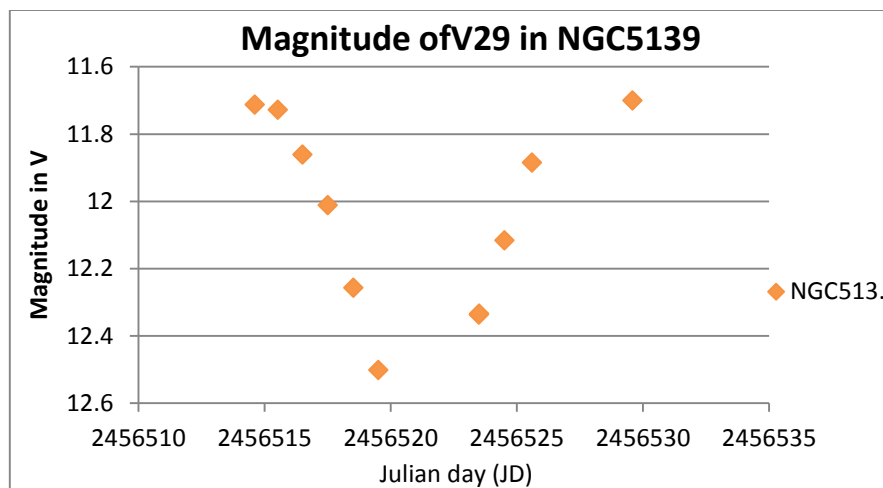
ดาว	ตำแหน่ง RA	ตำแหน่ง DEC	Magnitude in filter V
V29	+13h 26m 27.2s	-47° 28' 48"	-
ดาวอั้งอิงดวงที่ 1	+13h 26m 28.33s	-47° 29' 15.89"	11.636
ดาวอั้งอิงดวงที่ 2	+13h 26m 29.557s	-47° 29' 23.89"	11.603
ดาวอั้งอิงดวงที่ 3	+13h 26m 30.869s	-47° 28' 01.81"	12.340

ผลการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลของกระจุกดาวทรงกลมนี้จะเหมือนกันกับกระจุกดาวที่ผ่านมา แต่สิ่งที่จะให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกันออกดังต่อไปนี้

จากการหาค่า Intensity ของ V29 และดาวอั้งอิงประเภท star ทั้งสามดวง ใน Iris แล้วนำมาแทนลงในสมการ $m_1 - m_2 = -2.5 \log (f_1 / f_2)$ เพื่อหาค่าแมกนิจูดปรากฏของ V29 เมื่อเทียบกับดาวอั้งอิงทั้งสามดวงในแต่ละวันได้ดังตารางต่อไปนี้

- ตารางแสดงค่าแมกนิจูดปรากฏในแต่ละวันของดาวเซฟีอิด V29

Julian day (JD)	Magnitude NGC5139 V29
2456514.611	11.712
2456515.523	11.727
2456516.504	11.86
2456517.504	12.011
2456518.513	12.256
2456519.508	12.501
2456523.497	12.336
2456523.503	12.333
2456524.502	12.115
2456525.592	11.884
2456529.579	11.7



ภาพที่ 4: กราฟแสงของดาวเซฟีอิด V29 ในกระจุกดาวทรงกลม NGC5139

จากกราฟกำหนดให้แกน X แทนค่า JD และแกน Y แทนค่าแมกนิจูดปรากฏที่หาได้ในแต่ละวันและเมื่อนำแมกนิจูดปรากฏที่ได้จากการเทียบกับดาวอ้างอิงสามดวงทั้งหมดในตารางมาเฉลี่ยรวมกัน แมกนิจูดของดาว v29 นี้จะมีค่าประมาณเป็น 12.04

จากค่า JD ในตารางสามารถหาคาบการแปรแสงได้ดังนี้ 2456529.579 - 2456514.611 และคาบที่หาได้จากการคำนวณจะมีค่าประมาณเป็น 14.97 วัน

จากสมการ $M_V = -1.64 \log P + 0.05$ โดยการแทนคาบการแปรแสงที่หาได้ลงในสมการ ผลลัพธ์ที่ได้หลังจากการคำนวณค่าแมกนิจูดสัมบูรณ์จะมีค่าประมาณเป็น -1.88

เมื่อได้ค่าแมกนิจูดปรากฏเฉลี่ยและค่าแมกนิจูดสัมบูรณ์แล้ว นำมาหาระยะห่างระหว่างโลกกับกระจุกดาวทรงกลมนี้ ได้โดยการแทนค่าแมกนิจูดปรากฏเฉลี่ยคือ 12.04 และค่าแมกนิจูดสัมบูรณ์ คือ -1.88 ลงไปในสมการ $m - M = 5 \log (d) - 5$ เมื่อแทนค่าแล้วค่าระยะทางจากโลกถึงดาวเซฟิอิด V29 ในกระจุกดาวทรงกลม NGC5139 เป็น 6,100 parsec

อภิปราย/Discussion

จากการศึกษาพบว่าคาบการแปรแสงของดาวเซฟิอิด V1 ในกระจุกดาวทรงกลม NGC7089 มีคาบการแปรแสงเป็น 16.85 วัน มีระยะทางจากโลกถึงกระจุกดาวทรงกลมนี้ได้เป็น 10964.7819614316 parsec หรือประมาณ 10964.7820 parsec

ส่วนดาวเซฟิอิด V29 ในกระจุกดาวทรงกลม NGC5139 มีคาบการแปรแสงเป็น 14.97 วัน มีระยะทางจากโลกถึงกระจุกดาวทรงกลมนี้ได้เป็น 6081.350012787 parsec หรือประมาณ 6081.3500 parsec

จากการทำโครงการวิจัยนี้อุปสรรคที่พบในระหว่างทำโครงการ คือ สภาพอากาศที่ไม่ค่อยอำนวยจึงทำให้กล้องโทรทรรศน์ (PROMPT) ไม่สามารถถ่ายภาพให้ได้ จึงส่งผลทำให้กราฟแสงที่ได้มาไม่ค่อยสมบูรณ์เท่าที่ควร

สรุปผล/ Summary

- กระจุกดาวทรงกลม NGC7089 มีระยะทางห่างจากโลก 11,000 parsec หรือประมาณ 36,000 ปีแสง
- กระจุกดาวทรงกลม NGC5139 มีระยะทางห่างจากโลกเป็น 6,100 parsec หรือประมาณ 20,000 ปีแสง

กิตติกรรมประกาศ/Acknowledgement

ผู้จัดทำขอขอบคุณ คุณครูอุษาพรรณ วรรณสาย คุณครูที่ปรึกษาโครงการและพี่เลี้ยงจาก สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติทุกคนสำหรับความช่วยเหลือ ข้อเสนอแนะ คำแนะนำ เทคนิควิธีต่างๆ และโครงการงานวิจัยดาราศาสตร์นี้เกิดขึ้นได้เพราะได้รับการสนับสนุนโดยโครงการอบรมครูเชิงปฏิบัติการด้านดาราศาสตร์ขั้นสูง สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

อ้างอิง/Reference

- บุญรักษา สุนทรธรรม.(2550). ดาราศาสตร์ฟิสิกส์. สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ. เชียงใหม่หน้า 328 – 349.
- มติพล ตั้งมติธรรม.(2556).คู่มือการศึกษาดาราศาสตร์เชิงปฏิบัติการ.สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ