

การศึกษาระยะทางของกาแล็กซี่และการขยายตัวของเอกภพโดยใช้ Supernova ประเภท Ia

นาย พลวัต ย้อยฝอย

Email: Keroro.ranger@gmail.com

คุณครูที่ปรึกษา คุณครูศักดิ์คำวุฒิ เมืองก้อน

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

บทคัดย่อ

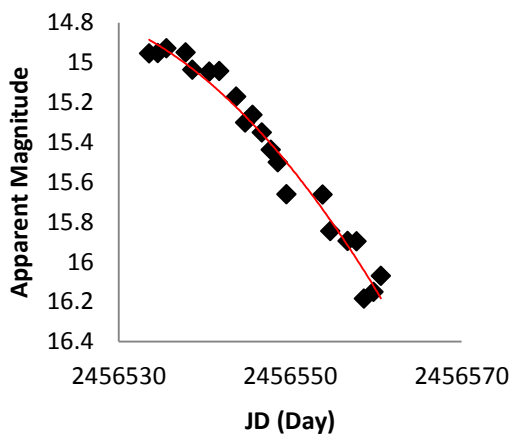
การศึกษาซูเปอร์โนวาประเภท Ia ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระยะห่างจากโลกจนถึง supernova PSN J05033510+0134176 at RA 5hr 3 m 37.0 s, Dec +1° 34' 24.0" โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากกล้อง prompt 5 จากหอดูดาวซีกไฟใต้ของสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ และนำข้อมูลจากฐานข้อมูลมาวิเคราะห์ในกระบวนการทางแสง จากผลการศึกษาพบว่าระยะห่างจากโลกจนถึง ซูเปอร์โนวา มีค่าเท่ากับ 75.23 ± 5.88 Mpc และผลจากปรากฏการณ์การเลื่อนทางแดงของกาแล็กซี่ทำให้ทราบว่ากาแล็กซี่มีความเร็วในแนวตั้งเท่ากับ 4752.91 km/s ผลจากกราฟระหว่างความเร็วในแนวตั้งกับระยะทางร่วมกับข้อมูลของ Adam G. Riess (2004) พบว่าสอดคล้องกับกฎของฮับเบิลคือเอกภพในปัจจุบันมีการขยายตัวด้วยความเร่ง

บทนำ

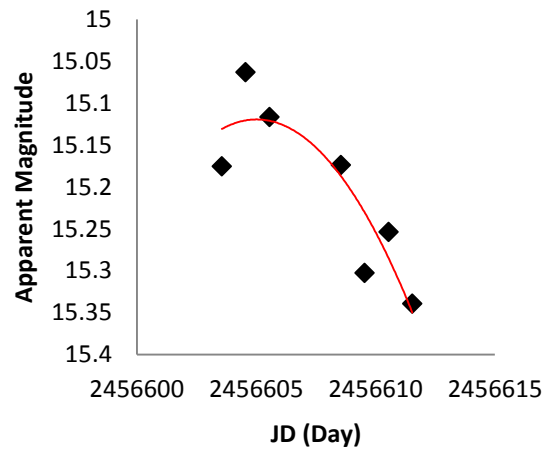
การขยายตัวของเอกภพเป็นหลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีการระเบิดครั้งใหญ่ ในการศึกษาของนักดาราศาสตร์บ่งบอกว่า เมื่อกาแล็กซี่ยังมีระยะห่างจากโลกมาก จะมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกับความเร็วในทิศทางที่มีการเลื่อนทางแดง (Red shift) ของกาแล็กซี่ ทำให้ทราบว่าเอกภพมีการขยายตัว โดยการวิเคราะห์ข้อมูลของนักดาราศาสตร์ซึ่งใช้ค่าอันดับความสว่างของวัตถุท้องฟ้าที่ทราบค่าก่อนข้างแน่นอนหลายชนิดเพื่อหาระยะทางของกาแล็กซี่แล้วนำมาวิเคราะห์การขยายตัวของเอกภพ ในงานวิจัยนี้จึงได้เลือกใช้ซูเปอร์โนวาประเภท Ia ซึ่งเกิดจากการระเบิดของดาวแคระขาวที่มีมวลเกิน 1.4 เท่าของดวงอาทิตย์ซึ่งเกิดในดาวคู่ที่มีการถ่ายเทมวลจากดาวข้างเคียงไปยังดาวแคระขาว การระเบิดทุกครั้งเกิดในดาวแคระขาวที่มีมวลใกล้เคียงกันทำให้ ความสว่างของซูเปอร์โนวาประเภท Ia มีค่าก่อนข้างแน่นอน โดยความสว่างสัมพันธ์อยู่ที่ประมาณ -19.3 ทำให้สามารถใช้ในการวัดระยะทางจากโลกถึง กาแล็กซี่ที่เกิดการระเบิดของดาวฤกษ์นั้นได้ค่อนข้างแม่นยำ

วิธีการดำเนินงาน

ทำการค้นหาข้อมูลการระเบิดของซูเปอร์โนวาชนิด Ia จากฐานข้อมูลในเว็บไซต์ Rochester Academy of Science โดยได้ติดตามซูเปอร์โนวาประเภท Ia หลายตำแหน่ง คือ ซูเปอร์โนวา PSN J17194328-7721305 ที่กาแล็กซี่ ESO 44-G10 โดยได้ทำการติดตามตั้งแต่วันที่ 29 สิงหาคม-25 กันยายน 2556, ซูเปอร์โนวา 2013fz ที่กาแล็กซี่ NGC 1578 โดยได้ทำการติดตามตั้งแต่วันที่ 7-15 พฤศจิกายน 2556 และ ซูเปอร์โนวา 2013gh ที่กาแล็กซี่ NGC 7183 โดยได้ทำการติดตามตั้งแต่วันที่ 13-18 สิงหาคม 2556 แต่เมื่อได้ทำการถ่ายภาพติดตาม แล้วผลปรากฏว่าซูเปอร์โนวา ดังกล่าวมีความสว่างที่ลดลงดังกราฟ จึงไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้ทำวิจัยได้



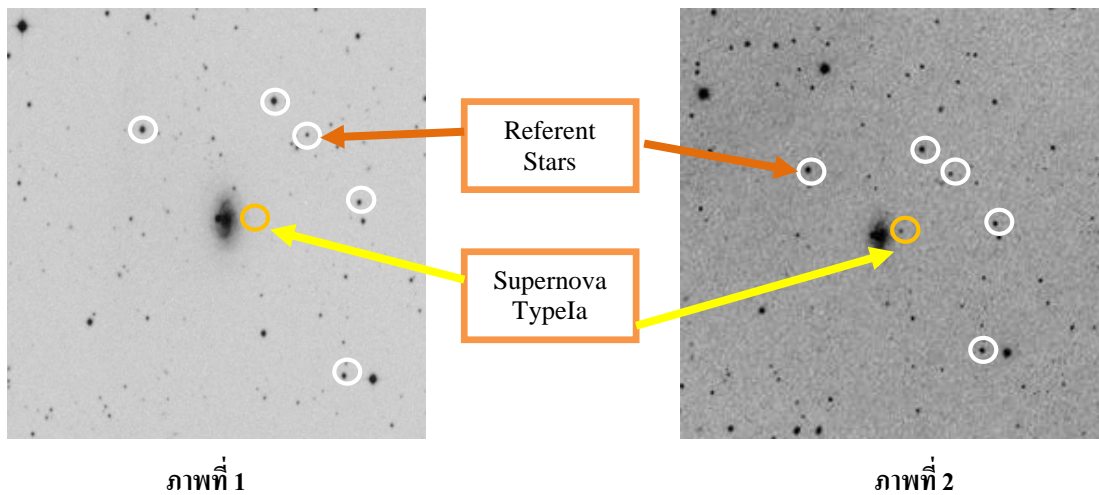
กราฟแสงของซูเปอร์โนวา PSN J17194328-7721305
ในกาแล็กซี่ ESO 44G-10



กราฟแสงของซูเปอร์โนวา 2013fz
ในกาแล็กซี่ NGC 1578

จึงได้ซูเปอร์โนวา PSN J05033510+0134176 ในบริเวณกาแล็กซี่ NGC 1762 ที่ตำแหน่ง RA 5 hr 3 m 37.0 s, Dec +1° 34' 24.0" เมื่อวันที่ 7 กันยายน 2556 แล้วจึงทำการถ่ายภาพ โดยถ่ายภาพในช่วงฟิลเตอร์ V โดยถ่าย 4 ภาพ ต่อหนึ่งวัน ถ่ายภาพ 180 วินาทีโดยทำการเก็บข้อมูล ตั้งแต่วันที่ 7 กันยายน 2556 จนถึงวันที่ 15 พฤศจิกายน 2556 รวมเป็นเวลาทั้งสิ้น 38 วัน

เมื่อได้ข้อมูลภาพถ่าย 4 ภาพ ในแต่ละวัน แล้วนำภาพมารวมกันให้เป็น วันละหนึ่งภาพ จากนั้นคำนวณหาอันดับความสว่างปรากฏของดาวอ้างอิงทั้ง 5 ดวง



ภาพที่ 1 แสดงภาพที่ได้จากฐานข้อมูล STSCI-DSS ขณะที่ยังไม่เกิดซูเปอร์โนวา โดยมีดาวอ้างอิงอยู่.

ภาพที่ 2 แสดงภาพของของกาแล็กซี่ขณะเกิดซูเปอร์โนวาและดาวอ้างอิงทั้งหมด.

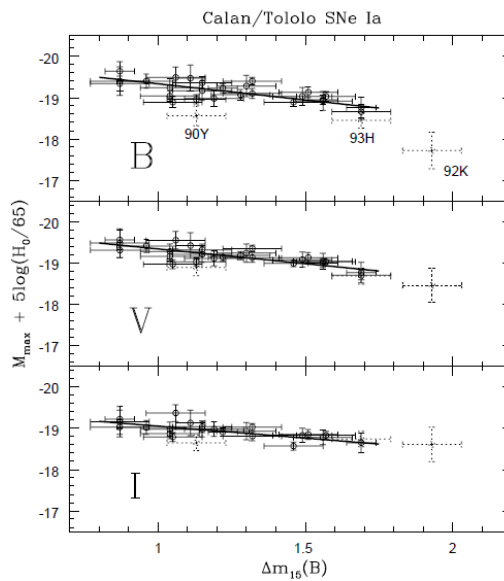
เมื่อได้ค่าอันดับความสว่างปรากฏของดาวอ้างอิงแล้วนำไปหาอันดับความสว่างปรากฏของซูเปอร์โนวา จากสมการ

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

เมื่อได้อันดับความสว่างปรากฏของซูเปอร์โนวาในแต่ละวันแล้วนำข้อมูลไปหาค่าเฉลี่ยเพื่อให้ข้อมูลมีค่าแม่นยำขึ้น จากนั้นพล็อตกราฟระหว่างอันดับความสว่างปรากฏกับวันจูลียน

ทำการเลือกข้อมูลช่วงที่ใกล้จุดสูงสุด จากนั้นสร้างเส้นแนวโน้มและสมการของเส้นแนวโน้มและนำสมการมาหาอนุพันธ์ของฟังก์ชันเพื่อที่จะหาจุดสูงสุดของกราฟ

ทำการหาค่าอันดับความสว่างสัมบูรณ์ที่เป็นไปได้ของซูเปอร์โนวาโดยใช้ค่าผลต่างของอันดับความสว่างปรากฏ ณ จุดสูงสุด และ ณ จุดหลังจากจุดสูงสุดเป็นเวลา 15 วัน โดยนำไปคำนวณค่าอันดับความสว่างสัมบูรณ์ตามสมการที่ได้จากงานวิจัยของ Mario Hamuy (1996) ที่ทำการวัดค่าอันดับความสว่างสัมบูรณ์ของซูเปอร์โนวาในแต่ละครั้ง โดยได้ทำการเก็บข้อมูลของซูเปอร์โนวาจนถึงผลต่าง 15 วัน หลายตัวอย่างแล้วสร้างเส้นแนวโน้มดังภาพที่ 5



ภาพที่ 3 แสดงเส้นแนวโน้มของอันดับความสว่างจากจุดสูงสุดเป็นเวลา 15 วัน ของ Mario Hamuy

จากผลงานวิจัยของ Mario Hamuy พบว่าอันดับความสว่างสัมบูรณ์ของซูเปอร์โนวา ณ จุดที่สว่างที่สุดจะไม่เท่ากับ -19.3 เสมอไป โดยจะมีค่าลดลงตามค่าผลต่างของอันดับความสว่างปรากฏ ณ จุดสูงสุด กับ อันดับความสว่างปรากฏ ณ จุดหลังจากจุดสูงสุด 15 วัน ซึ่งจะสามารถนำไปคำนวณหาค่าอันดับความสว่างสัมบูรณ์ได้ตามสมการ

$$M_{\max} = a + b[\Delta m_{15} - 1.1] \quad (2)$$

โดย Δm_{15} คือ ผลต่างอันดับความสว่างปรากฏ ณ จุดสูงสุด และ ณ จุดหลังจุดสูงสุด 15 วัน

M_{\max} คือ อันดับความสว่างสัมบูรณ์

$$a = -19.267$$

$$b = 0.707$$

เมื่อได้อันดับความสว่างสัมบูรณ์ที่เป็นไปได้ของซูเปอร์โนวาแล้วทำการหาระยะทางจากโลกถึงกาแล็กซี่ที่เกิดการซูเปอร์โนวาจากสมการ

$$m - M = 5 \log d + 25 \quad (3) \quad \text{โดย } d \text{ คือระยะทางในหน่วย Mpc}$$

ทำการคำนวณหาความเร็วของกาแล็กซี่ในแนวเส้น จากสมการ

$$z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{v}{c} \quad (4)$$

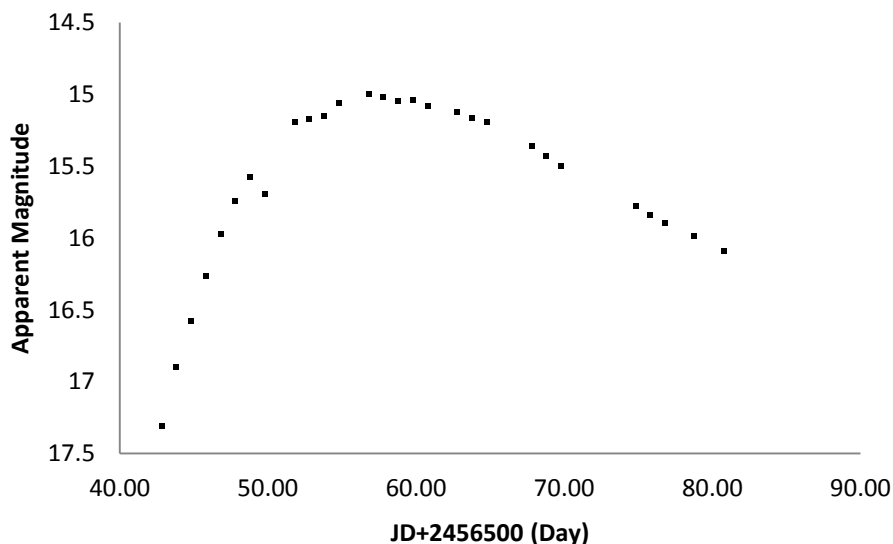
โดย z หรือ Red shift ได้จากฐานข้อมูล NASA/IPAC Extragalactic Database (NED)

c คือ ความเร็วของแสงในสุญญากาศมีค่าเท่ากับ 299,792,458 m/s

เมื่อได้ความเร็วในแนวเส้นของกาแล็กซี่ กับ ระยะห่างจากโลกจนถึงกาแล็กซี่ที่เกิด ซุปเปอร์โนวา แล้วนำข้อมูลไปพล็อต ร่วมกับข้อมูลของ Adam G. Riess จะทำให้ได้ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในแนวเส้น กับ ระยะห่างจากโลกจนถึงกาแล็กซี่ที่เกิดซุปเปอร์โนวานั้น

ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลในกระบวนการทางแสงโดยเปรียบเทียบค่าอันดับความสว่างปรากฏเฉลี่ย ของซุปเปอร์โนวา ทำให้ได้ค่าอันดับความสว่างปรากฏของซุปเปอร์โนวาเทียบกับดาวอ้างอิง ดังกราฟ



ตารางที่ 2 แสดงจุดสูงสุดของกราฟโดยได้ค่า JD Maximum, apparent Magnitude Maximum และ Apparent Magnitude₁₅

JD Maximum (Day)	Apparent Magnitude	JD Maximum+15	Apparent Magnitude ₁₅
2456558.345	15.01 ±0.16	2456573.345	15.95 ±0.16

จาก Apparent Magnitude กับ Apparent Magnitude₁₅ ทำให้ได้ ผลต่าง 15 วันจากจุดสูงสุดเป็น $\Delta m_{15} = 0.95$ จากนั้นทำการคำนวณหา Absolute Magnitude ที่ใกล้เคียงความเป็นจริงโดยคำนวณจากสมการที่ 2

$$M_{\text{Max}} = a + b[\Delta m_{15} - 1.1]$$

$$M_{\text{Max}} = -19.267 + 0.707[0.95 - 1.1]$$

$$M_{\text{Max}} = -19.38 \pm 0.16$$

การวิเคราะห์ระยะทางของกาแล็กซี่จนถึงโลก

ในการสังเกตการณ์ค่าอันดับความสว่างสัมบูรณ์ที่เป็นไปได้ของซูเปอร์โนวาจะนำมาหาระยะทางจากโลกถึงกาแล็กซี่ได้ดังสมการที่ 3

$$m - M = 5 \log d + 25$$

จากสมการที่ 3 จะได้

$$15.01 + 19.38 = 5 \log d + 25$$

$$d = 75.23 \pm 5.88 \text{ Mpc}$$

การวิเคราะห์หาความเร็วในแนวตั้งของกาแล็กซี่

โดยทำการคำนวณหาระยะทางจากสมการที่ 4

$$z = \frac{\Delta \lambda}{\lambda} = \frac{v}{c}$$

$$\text{จะได้} \quad 0.015854 = \frac{v}{299792458}$$

$$\therefore v = 4752909.63 \text{ m/s}$$

จากกราฟแสงของซูเปอร์โนวาทำให้ทราบจุดสูงสุดของกราฟโดยการตัดกราฟช่วงที่ใกล้จุดสูงสุดละทำการหาอนุพันธ์ของเส้นแนวโน้ม้มจะได้ค่า อันดับความสว่างที่จุดสูงสุดอยู่ที่ 15.01 ± 0.16 . เมื่อทำการหาความสว่างสัมบูรณ์ของซูเปอร์โนวาจากความสัมพันธ์ของ Mario Hamuy ทำให้ได้ค่าอันดับความสว่างสัมบูรณ์อยู่ที่ -19.38 ± 0.16 เมื่อได้ค่าอันดับความสว่างปรากฏและอันดับความสว่างสัมบูรณ์นำไปหาค่าระยะทางจากโลกจนถึงกาแล็กซี่ที่เกิดซูเปอร์โนวาจากสมการ $m - M = 5 \log d + 25$ ทำให้ได้ค่าระยะทางอยู่ที่ $75.23 \pm 5.88 \text{ Mpc}$.

อภิปราย

จากการสังเกตซูเปอร์โนวาประเภท Ia จากหอดูดาว Cerro Tololo Inter-American Observatory ได้ข้อมูลภาพถ่ายความยาวคลื่นในช่วงที่ตามองเห็นหรือฟิลเตอร์ V โดยเมื่อทำการถ่ายภาพพบปัญหาเรื่องถ่ายภาพเกินจุดสูงสุดของซูเปอร์โนวาและปัญหาสภาพบรรยากาศทำให้ข้อมูลไม่ต่อเนื่องและทำให้ช่วงที่สำคัญขาดหายไป เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ในกระบวนการทางแสง โดยเทียบอันดับความสว่างปรากฏของซูเปอร์โนวาเฉลี่ยกับดาวอ้างอิงจำนวน 5 ดวง ทำให้ได้อันดับความสว่างปรากฏ ณ จุดสูงสุดอยู่ที่ 15.01 ± 0.16 จากนั้นได้ทำการหาค่าอันดับความสว่างสัมบูรณ์ที่เป็นไปได้ของซูเปอร์โนวาโดยได้ค่าอยู่ที่ -19.38 ± 0.16 แล้วได้นำค่าอันดับความสว่างสัมบูรณ์และอันดับความสว่างปรากฏไปหาระยะทางจากโลกจนถึงกาแล็กซี่โดยได้ระยะทาง $75.23 \pm 5.88 \text{ Mpc}$

ได้หาข้อมูลจากฐานข้อมูลปรากฏการณ์เลื่อนทางแดง (Red shift) เพื่อวัดความเร็วในแนวตั้งของ กาแล็กซี่ โดยได้ความเร็วของกาแล็กซี่มีค่าเท่ากับ 4752.91 km/s จากนั้นนำข้อมูลความเร็วในแนวตั้งและระยะทางของกาแล็กซี่พล็อตร่วมกับข้อมูลของ Adam G. Riess ทำให้ได้กราฟที่บอกว่าเอกภพมีการขยายตัวโดยสังเกตว่าเมื่อสร้างเส้นแนวโน้ม้มของกาแล็กซี่ที่มีระยะห่างใกล้โลกซึ่งมีความชันสูงกว่าเส้นแนวโน้ม้มของกาแล็กซี่ทั้งหมด โดยเมื่อดูตามกฎของฮับเบิลแล้ว

จะทำให้ทราบว่ากาแล็กซี่ซึ่งห่างออกไปเท่าไรความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับระยะทางจะไม่เป็นไปตามกฎของฮับเบิล โดยเริ่มมีการเบี่ยงเบนออกจากเส้นตรงมากขึ้น นั่นคือมีความเร็วที่น้อยกว่าที่ควรจะเป็น และนอกจากนี้ยังพบว่ากาแล็กซี่ในอดีต (กาแล็กซี่ที่มีระยะห่างมาก) มีอัตราการถอยห่างออกไปช้ากว่ากาแล็กซี่ในปัจจุบัน นั่นคือเอกภพในปัจจุบันขยายตัวด้วยความเร็วมากกว่าในอดีตหรือขยายตัวแบบมีความเร่งนั่นเอง

สรุปผล

กาแล็กซี่ที่เกิดซูเปอร์โนวาที่มีระยะห่างจากโลกเป็น 75.23 ± 5.88 Mpc และความเร็วของกาแล็กซี่มีค่า 4752.91 km/s และจากกราฟที่พล็อตระหว่างความเร็วและระยะทางร่วมกับข้อมูลของ Adam G. Riess พบว่าเอกภพมีการขยายตัวและมีความเร่ง

กิตติกรรมประกาศ

ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยการดำเนินงานหลายขั้นตอน นับตั้งแต่ศึกษาหาข้อมูล วิเคราะห์ผลการจัดทำรายงาน จนกระทั่งงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีตลอดระยะเวลาดังกล่าวผู้จัดทำได้รับการสนับสนุนจากโครงการอบรมครูเชิงปฏิบัติการด้านดาราศาสตร์ขั้นสูง สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) และ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้รับความช่วยเหลือ คำแนะนำในหลายด้าน ตลอดจนกำลังใจจากบุคคลหลายท่าน ทางผู้จัดทำตระหนักและซาบซึ้งใจในความกรุณาจากทุกๆ ท่านเป็นอย่างยิ่ง ณ โอกาสนี้ขอขอบคุณทุกๆ ท่านดังนี้

กราบขอบพระคุณ สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) และเจ้าหน้าที่ทุกๆ ท่านที่ให้โอกาสในการทำงานเอื้อเฟื้ออุปการะ สถานที่ ตลอดจนความรู้ความสามารถ งานวิจัยประสบความสำเร็จ

กราบขอบพระคุณ คุณครูศักดิ์ดาวุฒิ เมื่องก้อน คุณครูในหมวดวิทยาศาสตร์ โรงเรียน เขียวคำวิทยาคม ที่เป็นครูที่ปรึกษาโครงการที่คอยดูแลเอาใจใส่และให้คำปรึกษาเป็นอย่างดีจนโครงการนี้สำเร็จลุล่วง

ท้ายที่สุด ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ผู้เป็นที่รัก ผู้ให้กำลังใจและให้โอกาสในการศึกษา

อ้างอิง

Adam G. Riess. (2004). *Type Ia Supernova Discoveries at $z > 1$ From the Hubble Space Telescope:*

Evidence for Past Deceleration and Constraints on Dark Energy Evolution.

Mario Hamuy. *THE ABSOLUTE LUMINOSITIES OF THE CALAN/TOLOLO TYPE Ia SUPERNOVAE.*

University of Arizona University of Arizona, Steward Observatory, Tucson, Arizona 85721

Red shift Database. (Online). สืบค้นจาก :<http://www.http://ned.ipac.caltech.edu/forms/byname.html>

[12 September 2013]

Rochester astronomy supernova. (Online). สืบค้นจาก :

<http://www.rochesterastronomy.org/supernova.html> [26 June 2013]