Radio Astronomy Research Assembly (*RARA*)
หน่วยวิจัยดาราศาสตร์วิทยุ สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ

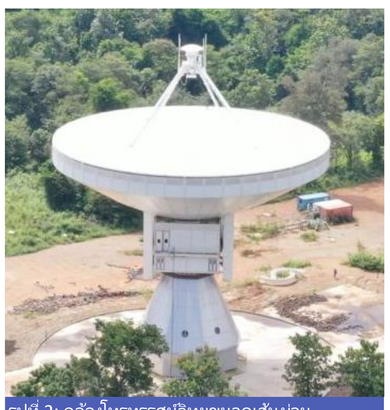
แนะนำ

ดาราศาสตร์เป็นศาสตร์อีกแขนงหนึ่ง เพื่อตอบคำถามเกี่ยวกับธรรมชาติและการเป็นไปของดาวฤกษ์ กาแล็กซี่และเอกภพ นักดาราศาสตร์ได้ค้นพบปรากฏการณ์และหลักฐานสนับสนุนหลายทฤษฎีในปัจจุบัน เช่น การขยายตัวของเอกภพ รังสีไมโครเวฟพื้นหลังของเอกภพ (CMB) การตรวจวัดคลื่นความโน้มถ่วง (Gravitational Waves) การค้นพบโมเลกุลไฮโดรคาร์บอนสำคัญๆ เช่น น้ำตาล glycolaldehyde และเมทิลแอลกอฮอล์ในอวกาศ และการค้นพบดาวเคราะห์นอกสุริยะแล้วกว่า 3,500 ดวง [1,2,3,4]

ทั้งนี้ การศึกษาดาราศาสตร์นอกจากจะใช้พื้นฐานวิชาฟิสิกส์แล้ว ยังมีการใช้ทักษะด้านการเขียนโปรแกรม อิเล็กทรอนิกส์ หรือการคำนวณทางสถิติ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการศึกษาต่อหรือทำงานในสาขาอื่นนอกจากดาราศาสตร์ได้อีกด้วย

โครงการพัฒนาเครือข่ายดาราศาสตร์วิทยุและยีออเดซี่

รูปที่ 1: แผนที่เครือข่ายการแทรกสอดระยะไกล (Thai VLBI Network)" แสดงสถานีที่ 1 ในแผนระยะที่ 1 (ดาวสีแดง) และสถานีในอนาคต (ดาวสีเหลือง)


รูปที่ 2: กล้องโทรทรรศน์วิทยุขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เมตร (Yebes Radio Telescope) ประเทศสเปน (oan.es)

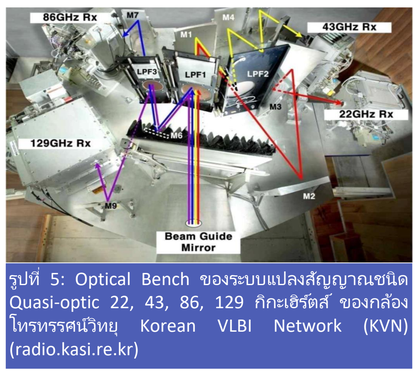
รูปที่ 3: กล้องโทรทรรศน์วิทยุขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 13 เมตร (Yebes Radio Telescope) ประเทศสเปน (oan.es)

การจัดตั้งสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ สังกัดกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในปี 2551 ควบคู่กับการก่อสร้างหอดูดาวเฉลิมพระเกียรติฯ ขนาด 2.4 เมตร ณ ดอยอินทนนท์ ทำให้เกิดการพัฒนาการวิจัยและการศึกษาสาขาดาราศาสตร์ในประเทศไทยอย่างก้าวกระโดด ปัจจุบัน ไทยมีความสามารถในการรับนักศึกษากว่า 100 คนต่อปี โดยนักดาราศาสตร์และอาจารย์กว่า 30 ท่านจากมหาวิทยาลัยทั่วประเทศ

ในปี 2559 สถาบันฯ เริ่มดำเนินการ "โครงการพัฒนาเครือข่ายดาราศาสตร์วิทยุและยีออเดซี่" ระยะที่ 1 (2560-2564) เพื่อเป็นโครงสร้างพื้นฐานแห่งชาติอันที่ 2 ด้านดาราศาสตร์วิทยุ โดยจะมีจัดตั้งเครือข่ายหอสังเกตการณ์ดาราศาสตร์วิทยุแห่งชาติจำนวน 4 สถานี (รูปที่ 1) หอสังเกตการณ์ดาราศาสตร์วิทยุแห่งชาติ (สถานีที่ 1) ประกอบด้วยกล้องโทรทรรศน์วิทยุขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เมตร และ 13 เมตร ประกอบด้วยเทคโนโลยีรับและประมวลสัญญาณขั้นสูง (รูปที่ 2-5) สำหรับระยะที่ 2 ในอนาคตจะมีการก่อสร้างสถานีเพิ่มเติมอีก 3 สถานี เพื่อรวมเป็น "เครือข่ายการแทรกสอดระยะไกล (Thai VLBI Network)" ยุคทองของการวิจัยดาราศาสตร์วิทยุได้เริ่มขึ้นแล้ว

ในรูปที่ 6 ด้านล่างนี้แสดงการติดตั้งกล้องโทรทรรศน์วิทยุขนาด 40 เมตร ติดตั้งสมบูรณ์ตั้งแต่ปลายปี 2563

รูปที่ 4: ฟีดรับสัญญาณชนิดตารางเฟส



รูปที่ 5: Optical Bench ของระบบแปลงสัญญาณชนิด Quasi-optic 22, 43, 86, 129 กิกะเฮิร์ตส์ ของกล้องโทรทรรศน์วิทยุ Korean VLBI Network (KVN) (radio.kasi.re.kr)

รูปที่ 6: รูปความคืบหน้าล่าสุดการติดตั้งกล้องโทรทรรศน์วิทยุแห่งชาติ ณ หอสังเกตการณ์ดาราศาสตร์วิทยุแห่งชาติ จังหวัดเชียงใหม่ (พฤศจิกายน 2562)

กล้องโทรทรรศน์วิทยุขนาดเล็ก

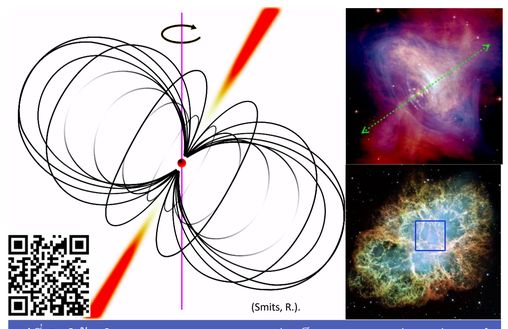
รูปที่ 7: แผนภูมิแสดงการทำงานกล้องโทรทรรศน์วิทยุ

รูปที่ 8: กล้องโทรทรรศน์วิทยุขนาด 4.5 เมตร อุทยานดาราศาสตร์ สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ

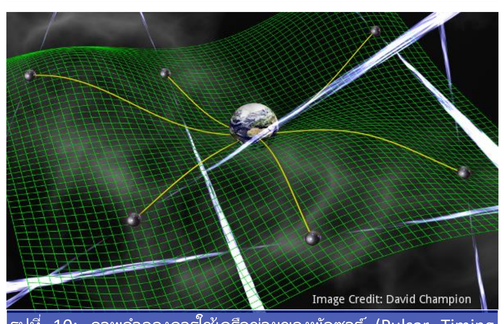
กล้องโทรทรรศน์วิทยุมีหลักการคล้ายระบบสื่อสารดาวเทียม (รูปที่ 7) ซึ่งประกอบด้วยจานพาราโบลาทำหน้าที่รวมสัญญาณวิทยุไว้ที่ฟีด (Feed) ภาครับสัญญาณ (Receiver) และภาคประมวลสัญญาณโดยคอมพิวเตอร์ แต่เพราะว่าคลื่นวิทยุจากเทหวัตถุมีความเข้มน้อยมาก ($\sim 10^{-26}$ watt/m^2/Hz) จึงต้องมีระบบขยายสัญญาณ (LNA) และการกรองสัญญาณ (Filter) ก่อนสัญญาณวิทยุแบบแอนาลอกถูกแปลงเป็นดิจิตอลเพื่อประมวลผลต่อไป

หน่วยวิจัยดาราศาสตร์วิทยุ (*RARA*) ทำการพัฒนากล้องโทรทรรศน์วิทยุขนาดเล็ก (**S**mall **R**adio **T**elescope: **SRT**) มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4.5 เมตร (รูปที่ 8) ทำงานที่ความที่ 1,420 เมกะเฮิร์ตส์ เพื่อวัดสัญญาณวิทยุจากอะตอมไฮโดรเจนที่เป็นกลางจากกาแล็กซี่ทางช้างเผือกและปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ (Doppler Effect) ทำให้เราสามารถหาความเร็วสัมพัทธและตำแหน่งของกลุ่มอะตอมไฮโดรเจนเหล่านี้ในกาแล็กซี่ทางช้างเผือกได้ รวมถึงการรับสัญญาณจากพัลซาร์และบริเวณดาวเกิดใหม่

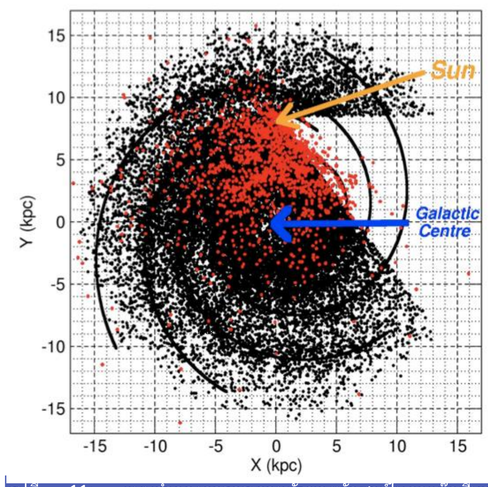
ดาวนิวตรอนและดาราศาสตร์ฟิสิกส์



รูปที่ 9: [ซ้าย] แผนภาพแสดงสนามแม่เหล็ก แกนหมุน (ชมพู) และลำสัญญาณวิทยุ (แดง) ใช้ QR code เพื่อดู animation (Youtube) [ขวา-บน] ภาพถ่ายซ้อนระหว่างช่วงแสง (HST) แลรังสีเอ็กซ์ (CXO) แสดงการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนความเร็วสูงรอบๆ แกนหมุน (เส้นประ) ของพัลซาร์ปู (Crab Pulsar: PSRB 0531+21) [ขวา-ล่าง] ภาพถ่ายช่วงแสงของเนบิวลาปูและตำแหน่งของพัลซาร์ปู



รูปที่ 10: ภาพจำลองการใช้เครือข่ายของพัลซาร์ (Pulsar Timing Arrays) เพื่อตรวจวัดสัญญาณคลื่นความโน้มถ่วง (Gravitational Waves)

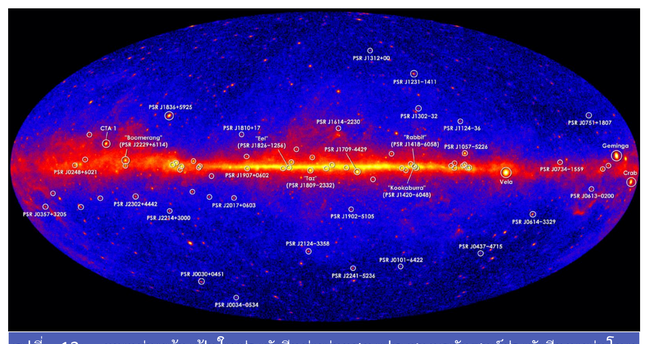


รูปที่ 11: แบบจำลองการกระจายตัวของพัลซาร์ในกาแล็กซี่ทางช้างเผือกที่จะถูกค้นพบโดย Square Kilometer Array (SKA) ซึ่งกำลังอยู่ในระหว่างก่อสร้าง (skatelescope.org) เมื่อแล้วเสร็จ SKA จะมีพื้นที่รับสัญญาณรวมถึง 1 ล้านตร.กม.

ดาวนิวตรอน คือผลลัพธ์จากการยุบตัวอย่างรุนแรงของดาวฤกษ์ที่หมดเชื้อเพลิงแล้ว โดยมีสถานะสมดุลคงอยู่ได้โดยแรงจาก neutron degeneracy pressure จาก Pauli exclusive principle ส่งผลให้ดาวนิวตรอนซึ่งมีขนาดเพียงแค่ตัวอำเภอเมืองเชียงใหม่แต่มีมวลเฉลี่ยประมาณ 1.4 เท่าของดวงอาทิตย์ ดาวนิวตรอนมีความหนาแน่นสูงในระดับ 10^{17} kg/m^3 และจากกฎอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุมและการมีฟลักซ์สนามแม่เหล็กคงที่ การยุบตัวของดาวฤกษ์ส่งผลให้ดาวนิวตรอนมีคาบการหมุนรอบตัวเองที่เร็วมาก ๆ ในระดับหลายมิลลิวินาทีและมีความเข้มสนามแม่เหล็กที่สูงกว่าสนามแม่เหล็กโลกประมาณ 1 ล้านล้านเท่า (รูปที่ 9) ด้วยคุณสมบัติเฉพาะเหล่านี้พัลซาร์เป็นเครื่องมือที่สำคัญในการศึกษาทฤษฎีสัมพัทธภาพของไอน์สไตน์ (รูปที่ 10)

การค้นหาดาวหรือปรากฏการณ์ใหม่ ๆ ทำได้โดยการใช้กล้องโทรทรรศน์สแกนท้องฟ้า (Astronomical Survey) ตั้งแต่ปี 1967 จนปัจจุบันมีการค้นพบพัลซาร์แล้วกว่าสองพันดวง [5] ทั้งนี้ จากแบบจำลองประชากรพัลซาร์ นักดาราศาสตร์เชื่อว่ากาแล็กซี่ทางช้างเผือกยังมีพัลซาร์กว่า 30,000 ดวงที่ยังไม่มีการค้นพบ [6] (รูปที่ 11-12)

หน่วยวิจัยดาราศาสตร์วิทยุ (*RARA*) มีโครงการเพื่อค้นหาพัลซาร์ใหม่ชนิดใหม่ พัลซาร์เปลี่ยนโหมด การศึกษาพัลซาร์ปูในหลายความยาวคลื่น และการศึกษาปรากฏการณ์อื่นๆ เช่น Fast Radio Bursts



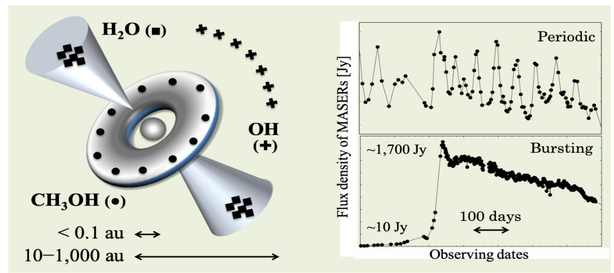
รูปที่ 12: ภาพถ่ายท้องฟ้าในช่วงรังสีแกมม่าแสดงประชากรพัลซาร์ช่วงรังสีแกมม่าโดย Fermi Satellite (nasa.gov)

ดาวเกิดใหม่และการถ่ายภาพ VLBI

กระบวนการเกิดดาว (star formation process) เป็นกระบวนการที่สำคัญและยังคงเป็นปัญหาที่นักดาราศาสตร์ยังคงให้ความสนใจถึงเงื่อนไขในการเกิดหรือปัจจัยแวดล้อมที่เอื้อต่อสภาวะการเกิดนั้นเป็นอย่างไร โดยเฉพาะในกรณีของการเกิดดาวมวลมาก (มวลมากกว่า 8 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ขึ้นไป) ที่ซึ่งมีชีวิตค่อนข้างสั้นและไม่สามารถสังเกตได้ในย่านคลื่นที่ตามองเห็น อันเนื่องมาจากมีฝุ่นและแก๊สอยู่อย่างหนาแน่นในบริเวณดังกล่าว แต่กลุ่มฝุ่นที่อยู่ล้อมรอบดาวอายุน้อยเหล่านั้น จะมีอุณหภูมิร้อนระดับนึง สามารถปลดปล่อยรังสีในย่านอินฟราเรด ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการศึกษาดาวอายุน้อยที่อยู่ภายในนั้นได้เป็นอย่างดี กลุ่มหมอกโมเลกุลร้อนบางประเภทสามารถปลดปล่อยรังสีในย่านความยาวคลื่นวิทยุและมิลลิเมตรได้ โดยจะแผ่รังสีเส้นสเปกตรัมออกมาในช่วงแคบ ๆ เรียกว่า เมเซอร์ (**M**icrowave **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation: **MASER**) ปรากฏการณ์เมเซอร์เป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ คล้ายกันกับการเกิดเลเซอร์ แต่ย่านที่ได้รับและปลดปล่อยพลังงานออกอยู่ในช่วงคลื่นไมโครเวฟ ประเภทที่ตรวจจับได้ง่ายได้แก่ ไฮดรอกซิลเรดิคอลและน้ำ

เพื่อให้ได้ภาพข้อมูลที่มีความละเอียดสูงมาก ๆ นักดาราศาสตร์ใช้เทคนิคพิเศษเพื่อเพิ่มกำลังแยก (resolving power) ของกล้องโทรทรรศน์วิทยุ เรียกว่า เทคนิคการแทรกสอดสัญญาณระยะไกล (Very Long Baseline Interferometry: VLBI) โดยการรวมสัญญาณวิทยุตั้งแต่ 2 สถานีขึ้นไปเสมือนว่ามีหน้ากล้องขนาดใหญ่เท่ากับระยะห่างระหว่างสถานี (baseline) รูปแสดงตัวอย่างเครือข่าย ฯ ในรูปที่ 13 หน่วยวิจัยดาราศาสตร์วิทยุ (*RARA*) มีโครงการเพื่อศึกษาการแปรสัญญาณของเมเซอร์ในบริเวณเกิดดาวใหม่ (ดูรูปที่ 14) การสำรวจเมเซอร์ในซีกท้องฟ้าเหนือและใต้ และแผนการศึกษาโพลาไรเซชันของแหล่งกำเนิดในบริเวณต่าง ๆ

รูปที่ 13: แผนภาพแสดงสถานีย่อยและเครือข่าย VLBI ทั่วโลก



รูปที่ 14 แบบจำลองการเกิด outflow กับตำแหน่งปรากฏของเมเซอร์ ประเภทต่าง ๆ และกราฟแสดงการแปรสัญญาณของเมเซอร์ (credit: Sugiyama K.)

สมาชิกหน่วยวิจัยและเครือข่าย

- Dr. Kitiyanee Asanok
- Dr. Koichiro Sukiyaki
- Dr. Phrudth Jaroenjittichai
- Dr. Ram Kesh Yadav
- Dr. Phichet Kittara (MU)

[1] Penzias, A. A. & Wilson, R. W., 1965, ApJ 142 419
[2] Abbott, B. P. et al., 2016, PhysRevLett 116 6
[3] Hollis, J. M. et al., 2000, ApJ 540 L107
[4] Schneider, J., www.exoplanet.eu/catalog
[5] ATNF pulsar catalogue, www.atnf.csiro.au
[6] Lorimer, A. J. et al., 2006, MNRAS 372 777
[7] Peng, T.-C. et al., 2010, A&A 520 A84

International Collaborators::: ICRAR, JBO, KASI, MPIfR, NAOJ, SHAO, ATNF

มีทุนนักศึกษาสนับสนุนระดับ ตรี โท เอก เพื่อช่วยงาน การฝึกอบรมและการทำวิจัยต่างประเทศ ติดต่อ kitiyanee@narit.or.th