สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)
National Astronomical Research Institute of Thailand (Public Organization)

กล้องโทรทรรศน์วิทยุ

Radio Telescopes

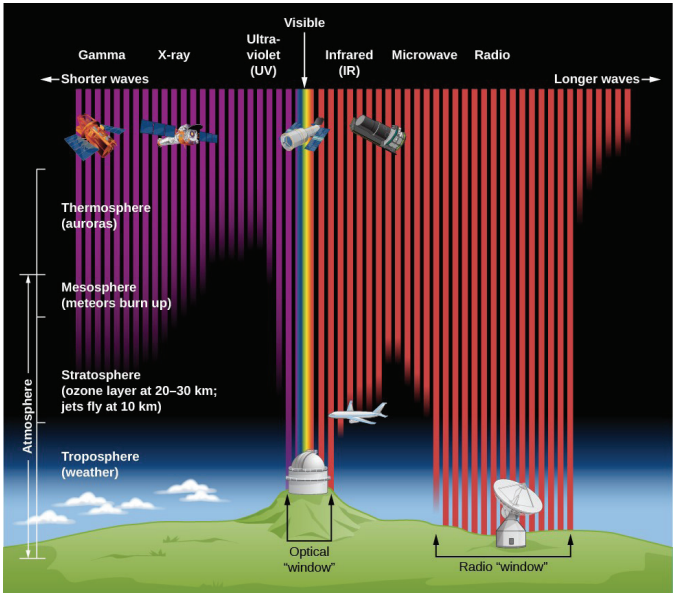
เรียบเรียง : ศูนย์บริการวิชาและสื่อสารทางดาราศาสตร์
ที่ปรึกษา : ดร.บุษบา คราเมอร์
ดร.กิติยานี อาษานอก

≫ “ดาราศาสตร์วิทยุ” คืออะไร ?

วัตถุท้องฟ้าปลดปล่อยพลังงานในรูปของการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในหลาย ๆ ช่วงคลื่น ได้แก่ คลื่นวิทยุ คลื่นไมโครเวฟ รังสีอินฟราเรด คลื่นแสง รังสีอัลตราไวโอเลต รังสีเอ็กซ์ รังสีแกมมา ช่วงคลื่นแสงที่ตาของมนุษย์มองเห็นเป็นเพียงเสี้ยวหนึ่งของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อให้มีความเข้าใจในธรรมชาติของวัตถุท้องฟ้าอย่างละเอียด จึงจำเป็นต้องสังเกตการณ์ในช่วงคลื่นอื่น และนำมาประกอบกันให้ได้มากที่สุด **“ดาราศาสตร์วิทยุ”** เป็นแขนงวิชาหนึ่งของดาราศาสตร์ฟิสิกส์ที่ใช้ศึกษาวัตถุท้องฟ้าในช่วงความถี่ของคลื่นวิทยุ

การศึกษาวัตถุทางดาราศาสตร์โดยใช้กล้องโทรทรรศน์ที่อยู่บนพื้นผิวโลก ศึกษาได้เฉพาะวัตถุที่ปลดปล่อยแสงในช่วงคลื่นที่สามารถทะลุผ่านชั้นบรรยากาศของโลกได้เท่านั้น จากภาพที่ 1 จะเห็นว่ามีเพียงช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็น คลื่นวิทยุ และรังสีอินฟราเรดบางส่วนที่สามารถทะลุผ่านชั้นบรรยากาศของโลก โดยที่คลื่นวิทยุนั้นสามารถทะลุผ่านชั้นบรรยากาศได้มากกว่าคลื่นชนิดอื่น อีกทั้งยังมีช่วงความยาวคลื่นให้ศึกษาได้หลากหลาย คลื่นวิทยุจึงเปรียบเสมือนหน้าต่างบานใหญ่ที่สำคัญที่จะทำให้มนุษย์เข้าใจในธรรมชาติของวัตถุต่าง ๆ ในเอกภพได้มากยิ่งขึ้น

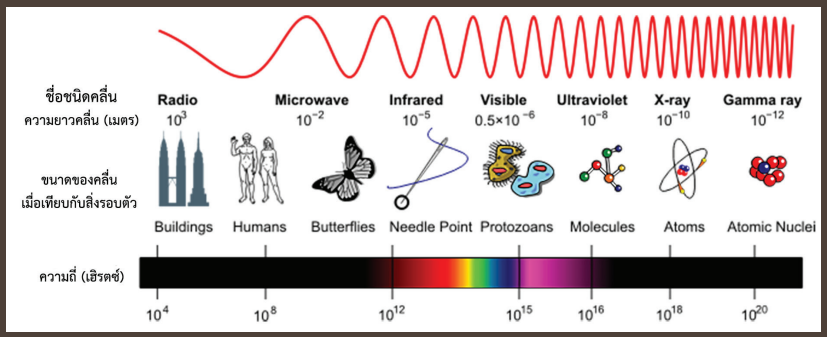
Credit : Credit : STScI / JHU / NASA



ภาพที่ 1 แสดงคุณสมบัติในการทะลุผ่านชั้นบรรยากาศของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแต่ละชนิด

เกร็ดความรู้

» คุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า



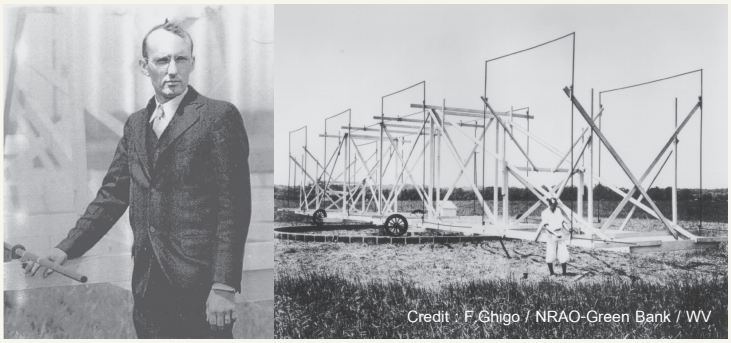
Credit : Wikipedia

"ความยาวคลื่น" และ "ความถี่" เป็นคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความสัมพันธ์กัน

คลื่นที่มีความยาวคลื่นมาก จะมีความถี่ต่ำ

คลื่นที่มีความยาวคลื่นน้อย จะมีความถี่สูง

ในทางดาราศาสตร์วิทยุจะนิยมบอกคุณสมบัติของคลื่นวิทยุเป็นค่า "ความถี่"



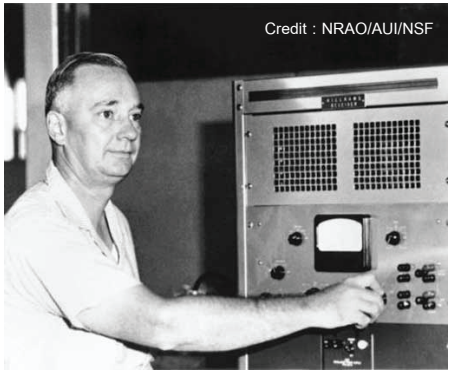
ภาพที่ 2 คาร์ล แจนสกี (ซ้าย) และอุปกรณ์รับสัญญาณวิทยุที่เขาประดิษฐ์ขึ้น (ขวา)

บุคคลที่สำคัญในงานทางดาราศาสตร์วิทยุสมัยบุกเบิกรุ่นแรก คือ คาร์ล แจนสกี (Karl Jansky) วิศวกรชาวอเมริกัน ทำงานเป็นวิศวกรด้านคลื่นวิทยุให้กับเบลแล็บส์ (Bell Labs) เป็นศูนย์วิจัยชั้นนำของโลกที่สร้างเทคโนโลยีสำคัญให้กับโลกมากมาย เขาได้รับมอบหมายให้ศึกษาคลื่นวิทยุที่เกิดจากฝนฟ้าคะนองเพื่อนำความรู้มาออกแบบเสารับสัญญาณที่สามารถ

ลดสัญญาณรบกวนจากสภาพอากาศ แจนสกีใช้เวลาอยู่หลายเดือนในการบันทึกสัญญาณวิทยุที่มาจากรอบทิศทาง เขาพบสัญญาณ 3 ชนิดที่แตกต่างกัน คือ สัญญาณจากฟ้าผ่าที่อยู่ใกล้ สัญญาณจากฟ้าผ่าที่อยู่ที่ไกล และสัญญาณจาง ๆ คงที่ที่ไม่สามารถระบุแหล่งกำเนิดได้

แจนสกีใช้เวลาศึกษาสัญญาณปริศนานี้เป็นเวลาร่วมปี เขาสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณนี้เป็นคาบซึ่งเท่ากับคาบการหมุนรอบตัวเองของโลก จนในที่สุดเขาก็ค้นพบว่า สัญญาณปริศนานี้มาจากใจกลางกาแล็กซีทางช้างเผือก

เพื่อเป็นเกียรติประวัติต่อการค้นพบคลื่นวิทยุจากอวกาศของคาร์ล แจนสกี เราจึงใช้หน่วยมาตรวัดปริมาณความเข้มพลังงานจากแหล่งกำเนิดคลื่นวิทยุ เรียกว่า แจนสกี (Jansky หรือ Jy ซึ่ง 1 Jy = 10^{-26} วัตต์ต่อตารางเมตรต่อเฮิรตซ์)



ภาพที่ 3 โกรท รีเบอร์

ในยุคบุกเบิกดาราศาสตร์วิทยุยังมีบุคคลที่สำคัญอีกคนหนึ่ง คือ โกรท รีเบอร์ (Grote Reber) เขาต้องการที่จะศึกษาต่อจากการค้นพบของคาร์ล แจนสกี จึงได้ประดิษฐ์กล้องโทรทรรศน์วิทยุสำหรับใช้งานด้านดาราศาสตร์เป็นตัวแรกของโลก เรียกว่า กล้องโทรทรรศน์วิทยุรีเบอร์ (Reber Radio Telescope) รูปทรงเป็นจานพาราโบลาที่มีคุณสมบัติรวมคลื่นที่ตกกระทบบนจานไปยังจุด ๆ เดียว รีเบอร์ใช้เวลาช่วงกลางคืนไปกับการสำรวจท้องฟ้าด้วยกล้องโทรทรรศน์วิทยุของเขา และในที่สุดเขาก็สามารถศึกษาทางช้างเผือกในช่วงคลื่นวิทยุโดยใช้อุปกรณ์รับสัญญาณที่ความถี่ 160 เมกะเฮิรตซ์ ได้สำเร็จ (ความยาวคลื่น 1.9 เมตร) รีเบอร์จึงเป็นคนแรกที่ศึกษาวัตถุท้องฟ้าในช่วงคลื่นวิทยุและได้ตีพิมพ์ทั้งในวารสารทางด้านดาราศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์

คลื่นวิทยุมีช่วงความถี่กว้างมาก ครอบคลุมตั้งแต่ระดับต่ำกว่า 1 พันเฮิรตซ์ ไปจนถึงระดับ 1 ล้านเฮิรตซ์ (ความยาวคลื่นระดับมิลลิเมตรไปจนถึงระดับกิโลเมตร) จึงมีการแบ่งช่วงความถี่ของคลื่นวิทยุออกตามลักษณะการใช้งาน เรียกช่วงความถี่ว่า “แบนด์” ตัวอย่างเช่น L แบนด์ เป็นช่วงความถี่ 1 - 2 จิกะเฮิรตซ์ ใช้สำหรับการสื่อสารทางไกล รวมไปถึงใช้ในการศึกษาคลื่นวิทยุจากอะตอมของไฮโดรเจนในเอกภพ และช่วงความถี่ที่พบในชีวิตประจำวันที่ใช้สำหรับส่งสัญญาณติดต่อสื่อสารทางไกลและสัญญาณโทรทัศน์ เช่น HF, VHF และ UHF

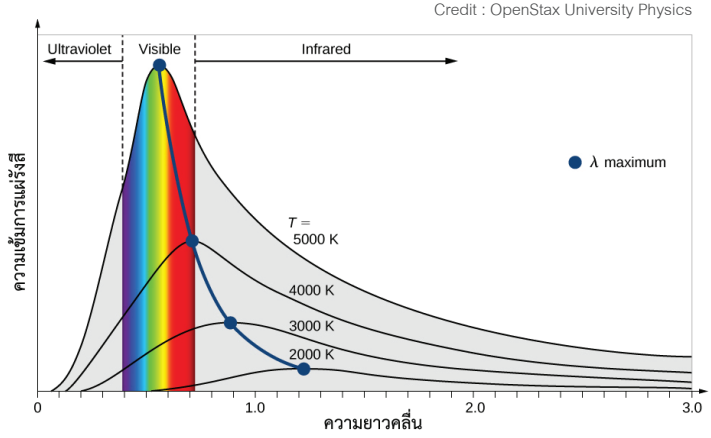
≫ คลื่นวิทยุเกิดจากอะไร ?

คลื่นวิทยุในทางธรรมชาติเกิดจากกระบวนการหลัก ๆ 2 อย่าง ดังนี้

1. การแผ่รังสีเนื่องจากอุณภูมิ (Thermal Radiation) วัตถุทุกชนิดที่มีอุณหภูมิ จะมีการแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมา สามารถแบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1.1 การปลดปล่อยคลื่นวิทยุจากทฤษฎีการแผ่รังสีของวัตถุดำ (Blackbody Radiation) ระบุว่าสสารต่าง ๆ ในเอกภพล้วนมีการปลดปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเนื่องจากอุณหภูมิของตัวมัน

Credit : OpenStax University Physics



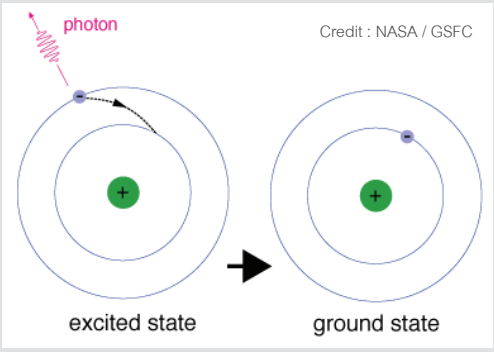
ภาพที่ 4 กราฟการแผ่พลังงานของวัตถุดำที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ

จากภาพที่ 4 บ่งบอกว่าดาวฤกษ์ที่มีอุณหภูมิสูง จะแผ่รังสีที่ความเข้มสูงสุดในช่วงคลื่นสั้น ในขณะที่ดาวอุณหภูมิต่ำ จะแผ่รังสีที่ความเข้มสูงสุดในช่วงคลื่นที่ยาวกว่า เช่น ดาวฤกษ์ที่มีสีฟ้าจะมีอุณหภูมิสูงกว่าดาวฤกษ์สีแดง เนื่องจากสีฟ้ามีความยาวคลื่นที่สั้นกว่าสีแดง การแผ่รังสีลักษณะนี้สามารถพบได้ทั่วไปในเอกภพ

1.2 การปลดปล่อยคลื่นวิทยุจากอะตอมหรือโมเลกุลอิสระ (Free-Free Radiation) เมื่ออิเล็กตรอนหลุดออกจากอะตอมของแก๊ส แก๊สจะแตกตัวเป็นไอออนที่เคลื่อนที่อยู่ภายในกลุ่มแก๊สนั้น ๆ แรงทางไฟฟ้าของแก๊สที่เป็นไอออนจะกระทำต่ออิเล็กตรอน ส่งผลให้ปลดปล่อยคลื่นวิทยุออกมา

1.3 การปลดปล่อยคลื่นวิทยุจากอะตอมในสถานะถูกกระตุ้น (Spectral Line Thermal Radiation) เมื่ออะตอมได้รับพลังงานจนกระทั่งอิเล็กตรอนเปลี่ยนระดับชั้นพลังงาน

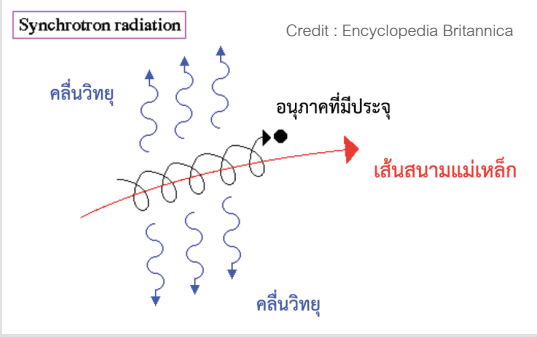
ไปยังชั้นที่สูงกว่า เรียกว่า สถานะถูกกระตุ้น (excited state) ที่สถานะนี้อะตอมจะมีความเสถียรน้อย จึงจำเป็นจะต้องคายพลังงานออกมาเพื่อที่จะกลับไปอยู่ในสถานะที่เสถียรที่สุด คือ สถานะพื้น (ground state) โดยจะปลดปล่อยพลังงานออกมาเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งคลื่นวิทยุก็เป็นอีกหนึ่งช่วงความยาวคลื่นที่ถูกปลดปล่อยออกมาได้เช่นกัน



ภาพที่ 5 แบบจำลองการปลดปล่อยอนุภาคโฟตอนหรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากอะตอมในสถานะถูกกระตุ้น (ภาพซ้าย) และลดระดับพลังงานกลับสู่สถานะพื้น (ภาพขวา)

2. การแผ่รังสีที่ไม่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิ (Non-Thermal Radiation) เป็นกระบวนการแผ่รังสีที่จะไม่เกี่ยวข้องกับความร้อนหรืออุณหภูมิ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

2.1 การปลดปล่อยคลื่นวิทยุจากการแผ่รังสีแบบซินโครตรอน (Synchrotron Radiation) เกิดจากการที่อนุภาคที่มีประจุ เคลื่อนที่อยู่ในสนามแม่เหล็กที่มีความเข้มสูง อนุภาคเหล่านี้จะถูกเร่งอัตราเร็วและเคลื่อนที่ควงเป็นเกลียวตามเส้นสนามแม่เหล็ก แล้วปลดปล่อยคลื่นวิทยุออกมา พบได้ในดาวพฤหัสบดี กาแล็กซี ดาวนิวตรอน และหลุมดำ ฯลฯ



ภาพที่ 6 จำลองลักษณะการแผ่รังสีแบบซินโครตรอน

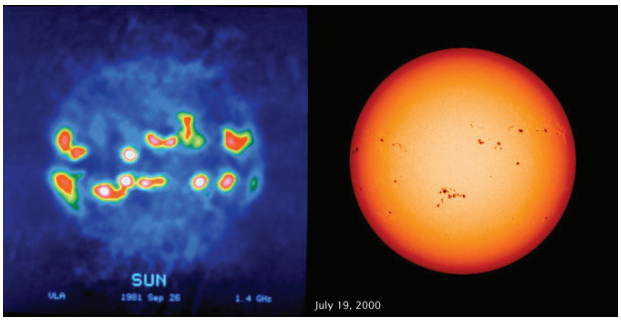
2.2 การปลดปล่อยคลื่นวิทยุจากเมเซอร์ (Maser) เป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติอย่างหนึ่งที่คล้ายคลึงกันกับการเกิดเลเซอร์ กล่าวคือ อนุภาคอยู่ในสถานะถูกกระตุ้นจะปลดปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมาแล้วกลับไปยังสถานะที่เรียกว่า “สถานะกึ่งเสถียร” เกิดการสะสมอนุภาคในสถานะนี้มากขึ้นจนมีจำนวนมากกว่าอนุภาคสถานะพื้น จึงเกิดการเหนี่ยวนำให้ปลดปล่อยพลังงานเป็นลูกโซ่ต่อเนื่องกันเป็นคลื่นไมโครเวฟ สามารถพบได้ในบริเวณที่มีการก่อกำเนิดดาวฤกษ์ ชั้นบรรยากาศของดาวฤกษ์บางชนิด และดาวหาง ฯลฯ

» แหล่งกำเนิดคลื่นวิทยุในเอกภพ

วัตถุต่าง ๆ ในเอกภพล้วนแล้วแต่ปลดปล่อยคลื่นวิทยุออกมา โดยแตกต่างกันที่ความถี่และความเข้มของสัญญาณ ตัวอย่างเช่น วิวัฒนาการของดาวฤกษ์ ทุกช่วงอายุของดาวฤกษ์ตั้งแต่เกิดไปจนสิ้นอายุขัยมีการปลดปล่อยคลื่นวิทยุออกมาทั้งสิ้น กาแล็กซีในยุคแรกเริ่มก็มีการปลดปล่อยคลื่นวิทยุความเข้มสูงออกมา หรือแม้กระทั่งรังสีพื้นหลังเอกภพที่หลงเหลือจากการระเบิดครั้งยิ่งใหญ่ก็เป็นคลื่นวิทยุเช่นกัน

แหล่งกำเนิดคลื่นวิทยุในระบบสุริยะที่รุนแรงและใกล้โลกมากที่สุด คือ ดวงอาทิตย์ บริเวณที่มีความแปรปรวนของสนามแม่เหล็กจะมีการแผ่รังสีแบบซินโครตรอนและปลดปล่อยคลื่นวิทยุออกมา โดยจากภาพที่ 7 เป็นคลื่นวิทยุที่ปลดปล่อยจากชั้นโครโมสเฟียร์ พบว่าตำแหน่งสีแดงตรงกับตำแหน่งของจุดบนดวงอาทิตย์ที่ชั้นโฟโตสเฟียร์ และตามทฤษฎีการแผ่รังสีของวัตถุดำดวงอาทิตย์จะปลดปล่อยคลื่นวิทยุออกมาเนื่องจากอุณหภูมิของมันเองเช่นกัน แต่คลื่นวิทยุที่เกิดจากกระบวนการนี้จะเกิดที่ความถี่สูงกว่าและความเข้มน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการแผ่รังสีแบบซินโครตรอน

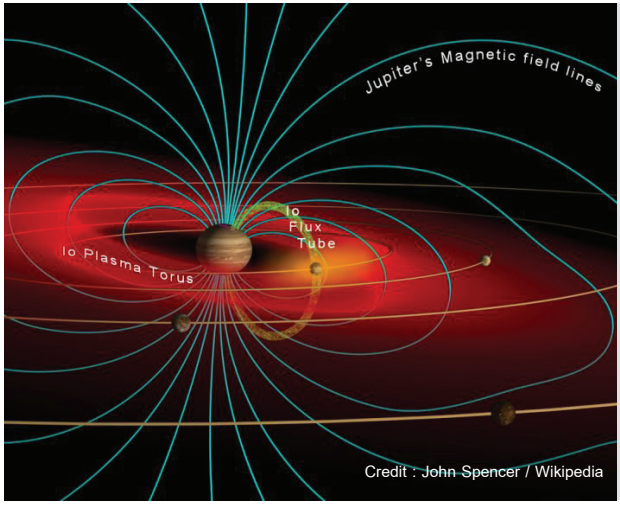
Credit : NRAO / AUI & NASA



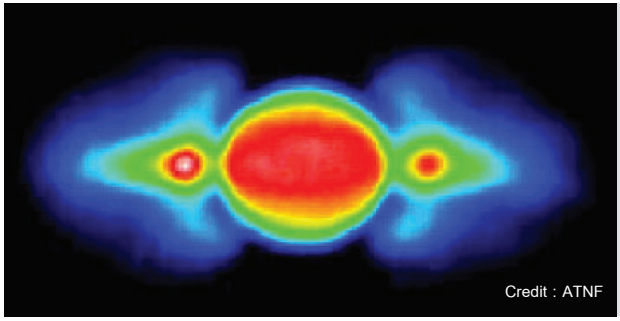
ภาพที่ 7 ภาพซ้าย ภาพถ่ายดวงอาทิตย์ในช่วงคลื่นวิทยุ สีฟ้าแสดงถึงบริเวณที่ปลดปล่อยคลื่นวิทยุความเข้มต่ำ สีเหลืองและสีแดงแสดงถึงบริเวณที่ปลดปล่อยคลื่นวิทยุความเข้มสูง ภาพขวา ภาพถ่ายดวงอาทิตย์ในช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็น

มีดาวเคราะห์อยู่ดวงหนึ่งที่มีการปลดปล่อยคลื่นวิทยุออกมาอย่างน่าสนใจ คือ ดาวพฤหัสบดี ดาวเคราะห์บริวารของดวงอาทิตย์ลำดับที่ 5 เป็นดาวเคราะห์แก๊สที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในระบบสุริยะ

แรงโน้มถ่วงจากดาวพฤหัสบดีส่งผลต่อดวงจันทร์บริวารไอโอ (Io) ทำให้ภูเขาไฟที่พื้นผิวปะทุและปลดปล่อยแก๊สไหลเข้าไปยังชั้นสนามแม่เหล็กหรือแม็กนีโตสเฟียร์ของดาวพฤหัสบดี ก่อให้เกิดพลาสมาเป็นวงแหวนหนารูปทรงคล้ายโดนัท เรียกว่า “พลาสมาทอรัส (Plasma Torus)” รอบดาวพฤหัสบดี (ภาพที่ 8(ก)) ขณะที่ดวงจันทร์บริวารไอโอโคจรตัดผ่านพลาสมาทอรัสนี้ อนุภาคที่มีประจุจะถูกดวงจันทร์ไอโอรบกวน และปลดปล่อยคลื่นวิทยุออกมาในทิศทางที่ดวงจันทร์ไอโออยู่ เมื่อสังเกตคลื่นวิทยุของดาวพฤหัสบดีในขณะที่ดวงจันทร์ไอโอผ่านหน้าจะสามารถตรวจจับคลื่นวิทยุที่รุนแรงกว่าเมื่อเทียบกับดวงจันทร์ไอโออยู่ด้านหลังดาวพฤหัสบดี ซึ่งความถี่ที่คนบนโลกตรวจวัดได้อยู่ที่ 10 ถึง 40 เมกะเฮิรตซ์



ภาพที่ 8(ก) ภาพจำลองการเกิดคลื่นวิทยุของดาวพฤหัสบดี ขณะที่ดวงจันทร์บริวารไอโอโคจรตัดผ่านวงแหวนหนาของพลาสมา (สีแดง)

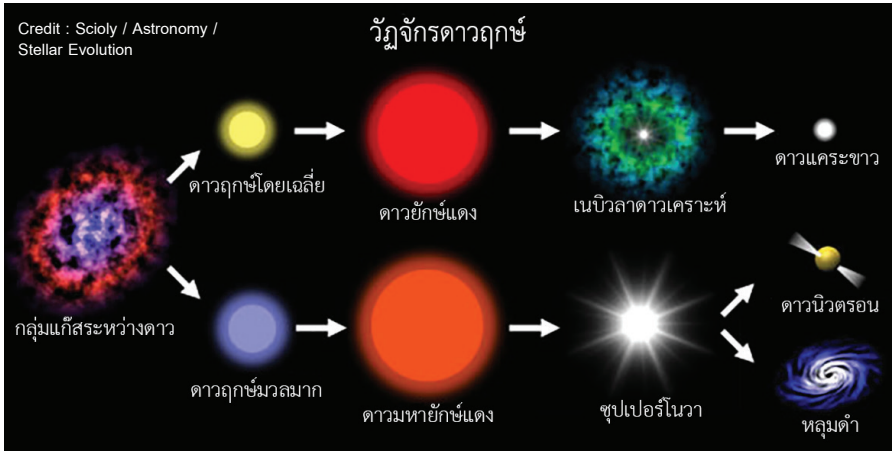


ภาพที่ 8(ข) ดาวพฤหัสบดีในช่วงคลื่นวิทยุ (วงรีขนาดใหญ่ตรงกลาง) ล้อมรอบไปด้วยวงแหวนของพลาสมาที่ปลดปล่อยคลื่นวิทยุออกมา

ดาวหาง เป็นวัตถุหนึ่งที่เก่าแก่ที่สุดในระบบสุริยะ มีค่าความรีของวงโคจรรอบดวงอาทิตย์ค่อนข้างมาก ทุกครั้งที่ดาวหางเคลื่อนที่เข้าใกล้ดวงอาทิตย์ องค์ประกอบส่วนที่เป็นน้ำแข็งจะระเหิดเป็นแก๊สแล้วถูกอนุภาคพลังงานสูงจากดวงอาทิตย์พุ่งชนจนแตกตัวเป็นไอออน เกิดเป็นแก๊สปกคลุมรอบนิวเคลียส และหางแก๊สและฝุ่นทอดยาวออกไปในทิศตรงข้ามกับดวงอาทิตย์ แก๊สส่วนที่ปกคลุมนิวเคลียสของดาวหางสามารถปลดปล่อยคลื่นวิทยุออกมาในรูปเมเซอร์ เมื่อศึกษาด้วยกล้องโทรทรรศน์วิทยุ จะทำให้ทราบถึงองค์ประกอบของดาวหางดวงนั้น ๆ ได้

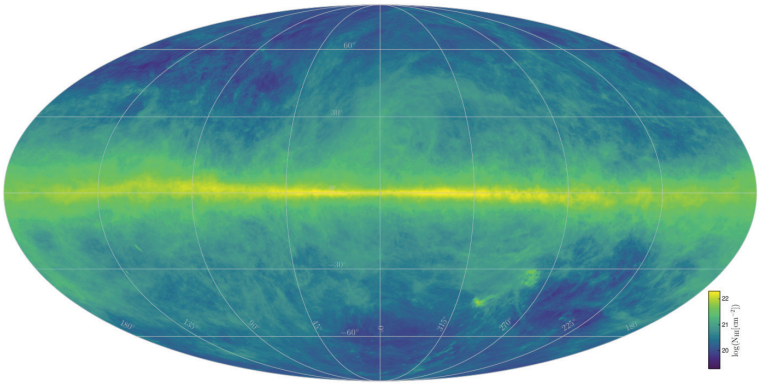
ภาพที่ 9 แสดงการฟุ้งของฝุ่นและแก๊สจากดาวหาง Hale Bopp (C/1995 O1) แผ่กระจายออกจากส่วนนิวเคลียสของตัวมันเอง ตรวจพบองค์ประกอบสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลซับซ้อนจำนวนมากที่อาจเป็นต้นกำเนิดของสิ่งมีชีวิต

ระบบสุริยะของเราเป็นเพียงระบบของดาวฤกษ์ดวงหนึ่งจากทั้งหมดกว่า 2 แสนล้านดวงภายในกาแล็กซีทางช้างเผือก ซึ่งภายในกาแล็กซีทางช้างเผือกยังสามารถพบวัตถุได้อีกหลากหลายชนิด ตั้งแต่กลุ่มแก๊สที่เป็นต้นกำเนิดของดาวฤกษ์ ไปจนถึงเศษซากของดาวที่ยังคงมีการปลดปล่อยคลื่นวิทยุออกมา อีกทั้งยังมีคลื่นวิทยุที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากบริเวณรอบ ๆ หลุมดำมวลยวดยิ่งที่อยู่ใจกลางอีกด้วย



ภาพที่ 10 แผนภาพวัฏจักรของดาวฤกษ์ที่มีขนาดของมวลตั้งต้นแตกต่างกัน

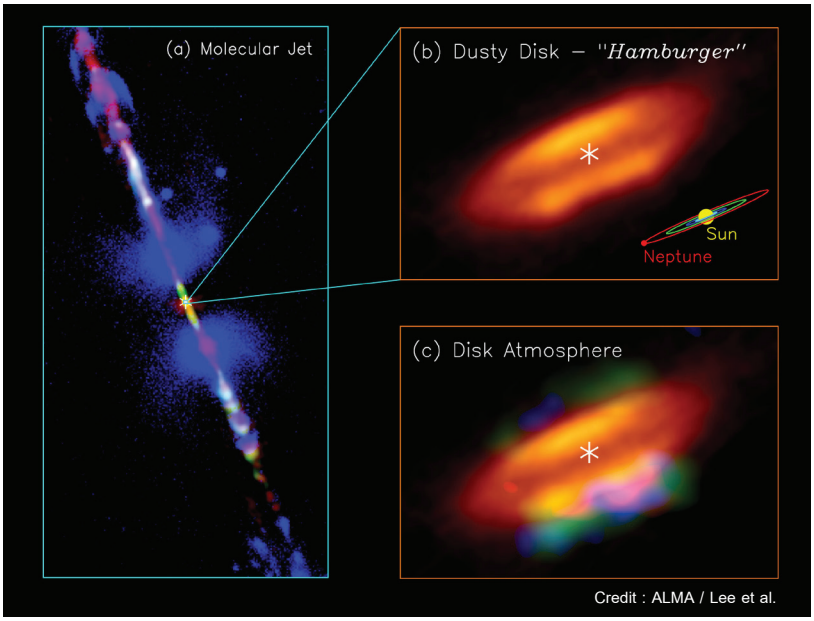
หากสังเกตกาแล็กซีทางช้างเผือกด้วยคลื่นแสงที่ตามองเห็น จะพบว่ากาแล็กซีทางช้างเผือกนั้นมีระนาบที่ประกอบไปด้วยฝุ่นและแก๊สอยู่จำนวนมาก กลุ่มฝุ่นและแก๊สเหล่านี้ต่างมีขนาดและความหนาแน่นที่แตกต่างกัน บางกลุ่มมีความหนาแน่นสูงเพียงพอให้เกิดการรวมตัวกันและก่อเกิดเป็นดาวฤกษ์ ในขณะที่บางกลุ่มก็เป็นเพียงสสารระหว่างดาวที่ลอยเคว้งอยู่ในทางช้างเผือก



Credit : Benjamin Winkel / HI4PI Collaboration

ภาพที่ 11 คลื่นวิทยุที่ปลดปล่อยออกมาจากไฮโดรเจนอะตอมที่เป็นกลาง (HI) บ่งชี้การกระจายของไฮโดรเจนในระนาบทางช้างเผือก สีเหลืองคือบริเวณที่พบไฮโดรเจนหนาแน่นที่สุด

สำหรับกลุ่มแก๊สที่มีความหนาแน่นสูงจนสามารถให้กำเนิดดาวฤกษ์ได้เรียกบริเวณนี้ว่า “บริเวณกำเนิดดาวฤกษ์ (Star forming region)” ภายในกลุ่มแก๊สนี้มีดาวฤกษ์ที่กำลังถือกำเนิดขึ้นอยู่ แก๊สและฝุ่นที่หนาแน่นทำให้ไม่สามารถสังเกตเห็นสิ่งที่อยู่ภายในได้ในช่วงคลื่นที่ตามองเห็น คลื่นวิทยุจึงมีประโยชน์อย่างมากในสภาพแวดล้อมเช่นนี้ กล่าวคือ คลื่นวิทยุที่ปลดปล่อยจากก้อนแก๊สหนาแน่นสูงที่กำลังรวมมวลสาร หรือ “ดาวฤกษ์ก่อนเกิด (Protostar)” จะทะลุผ่านแก๊สที่หนาแน่นเหล่านี้ออกมาได้ มวลสารที่กำลังถูกดึงดูดเข้าหาแกนกลางก่อตัวเป็นจานแก๊สพลังงานสูงที่คอยป้อนมวลสารเข้าสู่แกนกลาง แก๊สบางส่วนที่หลุดเข้าไปในสนามแม่เหล็กจะถูกเร่งโดยแรงแม่เหล็ก เกิดเป็นลำโมเลกุลแก๊สพุ่งออกจากขั้วทั้งสองข้างและปลดปล่อยคลื่นวิทยุออกมาจากกระบวนการการแผ่รังสีแบบซินโครตรอน

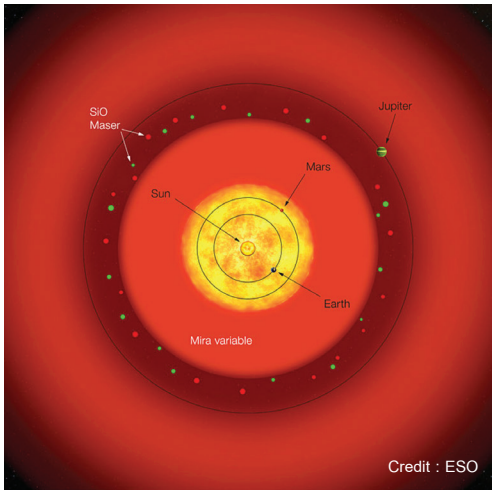


ภาพที่ 12 ดาวฤกษ์ก่อนเกิด HH 212 (ซ้าย) แสดงให้เห็นลำอนุภาคพลังงานสูงที่พุ่งออกจากขั้วทั้งสองข้างของแกนกลาง และจานรวมมวลที่หมุนวนรอบแกนกลางของวัตถุ (ขวาบนและขวาล่าง)

กระบวนการดึงดูดมวลสารเข้าหาแกนกลางจะดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งแกนกลางมีอุณหภูมิและความหนาแน่นที่สูงเพียงพอที่ทำให้ไฮโดรเจนเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันหลอมรวมไฮโดรเจนเป็นฮีเลียมขึ้นได้ เราจึงจะเรียกวัตถุนี้ว่า “ดาวฤกษ์” โดยดาวฤกษ์ที่เกิดขึ้นมาใหม่จะปลดปล่อยพลังงานที่สูงมาก ปัดเป่าแก๊สที่ห้อมล้อมออกไปและทำให้แก๊สเหล่านั้นได้รับพลังงานกระตุ้นให้ปลดปล่อยคลื่นวิทยุออกมาเป็นเมเซอร์

เมื่อแรงโน้มถ่วง (แรงที่ทำให้ดาวยุบตัว) กับแรงดันจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชัน (แรงที่ทำให้ดาวขยายตัว) สมดุลกัน จะเรียกดาวฤกษ์ในช่วงนี้ว่า “ดาวฤกษ์ในแถบลำดับหลัก (Main sequence star)” เป็นช่วงที่ดาวฤกษ์มีความเสถียรมากที่สุด และเป็นช่วงชีวิตที่ยืนยาวที่สุด สั้นหรือยาวแค่ไหนขึ้นอยู่กับมวลตั้งต้นของดาวฤกษ์

ที่บั้นปลายชีวิตของดาวฤกษ์ เมื่อไฮโดรเจนที่แกนกลางที่เป็นเชื้อเพลิงในการจุดปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันหมดลง เกิดการเสียสมดุลระหว่างแรงยุบตัวและแรงขยายตัว ดาวฤกษ์จะขยายขนาดออกมากกว่าเดิมหลายเท่ากลายเป็น “ดาวยักษ์แดง” ที่เปลือกดาวจะมีการยุบและขยายตัวสลับกันไป สามารถกระตุ้นให้โมเลกุลบางประเภทปลดปล่อยคลื่นวิทยุออกมาในรูปของเมเซอร์ได้

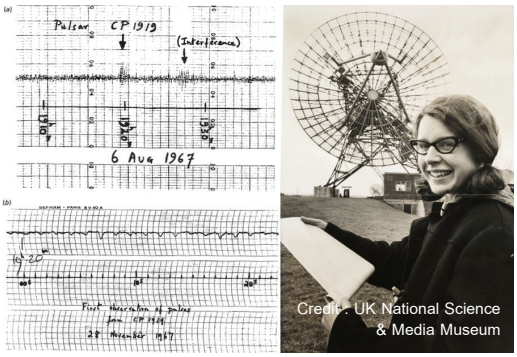


ภาพที่ 13 จำลองขนาดของดาวยักษ์แดงเทียบกับขนาดของระบบสุริยะมีบรรยากาศชั้นนอกที่สามารถเกิดเมเซอร์ขึ้นได้

เมื่อวาระสุดท้ายของดาวฤกษ์มาถึง ดาวแต่ละดวงจะมีจุดจบที่แตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับขนาดของมวลเป็นหลัก ในกรณีนี้จะกล่าวถึงเฉพาะวาระสุดท้ายของดาวฤกษ์มวลมาก กล่าวคือ ดาวฤกษ์ที่มีมวลมากกว่าดวงอาทิตย์ประมาณ 8 เท่าขึ้นไป ดาวจะยุบตัวลงและระเบิดออกสู่อวกาศอย่างรุนแรง เรียกว่า “ซูเปอร์โนวา” แก๊สที่เคยเป็นส่วนหนึ่งของดาวฤกษ์พุ่งกระจัดกระจายออกไปทุกทิศทาง ทิ้งแกนกลางที่เป็นดาวอัดแน่นขนาดเล็กไว้ตรงกลาง เรียกว่า “ดาวนิวตรอน” มีรัศมีประมาณ 10 กิโลเมตร และมีมวล โดยเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.4 ถึง 2 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ หากแกนกลางที่เหลือจากการระเบิดมีมวลมากกว่า 10 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ แกนกลางนั้นจะกลายเป็น “หลุมดำ”

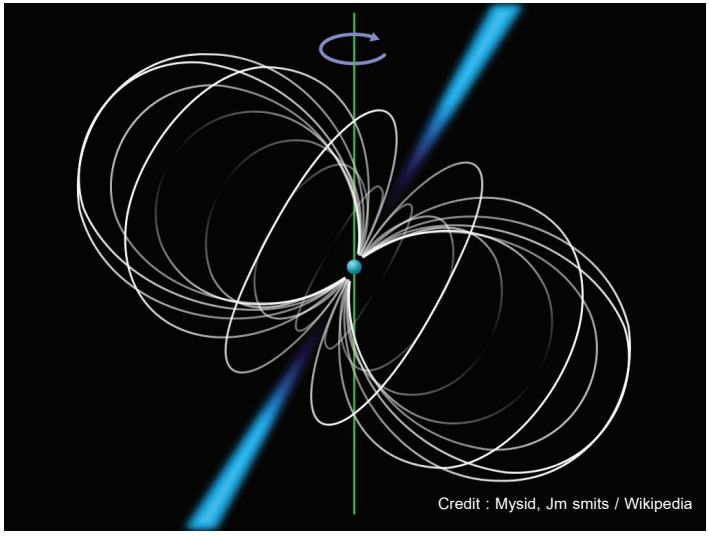
ในปี พ.ศ. 2510 โจเซลิน เบลล์ เบอร์เนลล์ (Jocelyn Bell Burnell) นักดาราศาสตร์ชาวไอร์แลนด์เหนือ กำลังวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากกล้องโทรทรรศน์วิทยุ เขาค้นพบสัญญาณวิทยุแปลกประหลาดที่มาจากนอกโลก เมื่อศึกษาโดยละเอียดแล้วพบว่าสัญญาณนี้มีลักษณะเป็นรูปลูกคลื่นคล้ายกับชีพจร และเรียกวัตถุลึกลับประเภทนี้ว่า “พัลซาร์” (Pulsar)

ในเวลาต่อมา การปลดปล่อยคลื่นวิทยุของพัลซาร์สามารถอธิบายได้ด้วยการแผ่รังสีแบบซินโครตรอนที่บริเวณขั้วแม่เหล็กของดาวนิวตรอนที่มีสนามแม่เหล็กรุนแรง และหมุนรอบตัวเองด้วยความเร็วสูง (ภาพที่ 15) เมื่อขั้วดังกล่าวหันมายังโลก ผู้สังเกตจึงสามารถรับสัญญาณคลื่นวิทยุนั้นได้เป็นลูกคลื่นสั้น ๆ



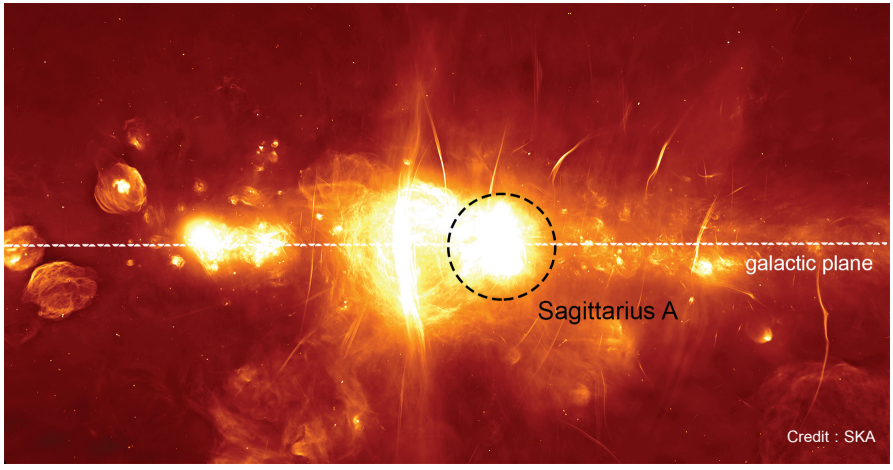
ภาพที่ 14 โจเซลิน เบลล์ และข้อมูลสัญญาณของพัลซาร์ที่บันทึกลงบนกระดาษ

การค้นพบในครั้งนี้เป็นการยืนยันถึงการมีอยู่ของดาวนิวตรอนเป็นครั้งแรก และการศึกษาพัลซาร์นำไปสู่การยืนยันความถูกต้องของทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปของไอน์สไตน์โดยการศึกษาจากระบบพัลซาร์คู่ การศึกษาสสารในกาแล็กซีทางช้างเผือก การศึกษาสสารนิวตรอนในสภาพของไหลยวดยิ่งในดาวนิวตรอน รวมถึงดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะดวงแรกถูกค้นพบจากการศึกษาพัลซาร์เช่นกัน



ภาพที่ 15 ภาพจำลองพัลซาร์ที่มีเส้นสนามแม่เหล็กสีขาว มีลำกรวยคลื่นวิทยุสีฟ้าหมุนควงไปพร้อมกับการหมุนรอบตัวเองตามแกนสีเขียว

ในปี พ.ศ. 2543 นักดาราศาสตร์ค้นพบว่ามีบริเวณหนึ่งใกล้กับใจกลางกาแล็กซีทางช้างเผือกปลดปล่อยคลื่นวิทยุความเข้มสูงมากออกมา บริเวณนั้นมีขนาดพื้นที่เล็กมาก เรียกว่า Sagittarius A* ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยคลื่นแสงที่ตามองเห็น เพราะเต็มไปด้วยฝุ่นและสสารในอวกาศ แสดงในภาพที่ 16 ภายในวงกลมสีดำของบริเวณ Sagittarius A อีกทั้งยังพบว่ามีดาวฤกษ์ที่โคจรรอบบริเวณนั้นด้วยอัตราเร็วสูงและมีเส้นทางวงโคจรที่มีความรีมาก จึงสรุปได้ว่าบริเวณดังกล่าวเป็นบริเวณที่มี “หลุมดำมวลยวดยิ่ง (Super massive black hole)” การศึกษาหลุมดำมวลยวดยิ่งที่อยู่ใจกลางกาแล็กซีจะช่วยให้เข้าใจถึงวิวัฒนาการของกาแล็กซีตั้งแต่สมัยกาแล็กซีเริ่มก่อตัวขึ้นได้



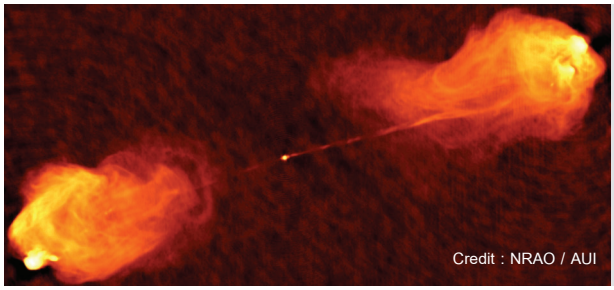
ภาพที่ 16 ภาพกาแล็กซีทางช้างเผือกความละเอียดสูงในช่วงคลื่นวิทยุจากกล้องโทรทรรศน์วิทยุเมียร์แคท (MeerKAT) เส้นประสีขาวแสดงถึงระนาบทางช้างเผือก วงกลมสีดำคือบริเวณที่เรียกว่า Sagittarius A ภายในพบบริเวณขนาดเล็กที่ปลดปล่อยคลื่นวิทยุความเข้มสูงมากออกมาเรียกว่า Sagittarius A*

กาแล็กซีขนาดใหญ่ที่ถูกค้นพบในปัจจุบันเกือบทุกกาแล็กซีมีหลุมดำมวลยวดยิ่งอยู่ตรงแกนกลาง ซึ่งหลุมดำมวลยวดยิ่งในบางกาแล็กซีกำลังดูดกลืนมวลสารรอบ ๆ เข้าหาตัวเอง ทำให้บริเวณแกนกลางมีค่าความสว่างมากกว่ากาแล็กซีทั่ว ๆ ไป พร้อมทั้งปลดปล่อยรังสีพลังงานสูงและลำแก๊สที่สามารถสังเกตเห็นในช่วงคลื่นวิทยุ เรียกกาแล็กซีประเภทนี้ว่า “กาแล็กซีกัมมันต์ (Active galaxy)”

กาแล็กซีกัมมันต์เป็นกาแล็กซีที่ปลดปล่อยคลื่นวิทยุออกมาด้วยกระบวนการแผ่รังสีแบบซินโครตรอน ในขณะที่หลุมดำยักษ์กำลังดึงดูดมวลสาร จะเกิดเป็นแผ่นจานมวลสารที่เป็นแก๊สพลังงานสูง เรียกว่า “จานรวมมวล (Accretion disk)” มวลสารภายในจานจะถูกป้อนเข้าไปยัง

หลุมดำอย่างต่อเนื่อง สนามแม่เหล็กที่มีความรุนแรงสูงจะส่งผลต่อมวลสารบางส่วน ทำให้ถูกพ่นออกไปจากขั้วแม่เหล็กทั้งสองข้าง เกิดเป็นลำอนุภาคพลังงานสูงพุ่งยาวออกไปในอวกาศพร้อมกับปลดปล่อยคลื่นวิทยุออกมา เรียกแกนกลางของกาแล็กซีที่กำลังรวมมวลแบบนี้ว่า “นิวเคลียสกาแล็กซีกัมมันต์ (Active Galactic Nuclei) ” หรือ “AGN” โดย AGN พบได้ในวัตถุประเภทเควซาร์ (Quasar) เบลซาร์ (Blazar) กาแล็กซีวิทยุ (Radio galaxy ดูภาพที่ 17) และกาแล็กซีเซเฟิร์ต (Seyfert galaxy)

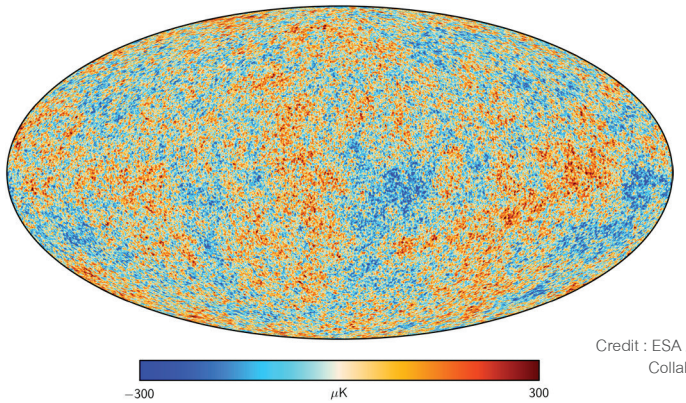
กาแล็กซีกัมมันต์เปรียบได้กับกาแล็กซีอายุน้อยที่กำลังรวบรวมมวลสารเข้าสู่ใจกลางหลุมดำ คลื่นวิทยุที่ปลดปล่อยออกมามีความเข้มสูงเพียงพอที่จะทำให้นักดาราศาสตร์สามารถศึกษาไปถึงกาแล็กซีในยุคแรกเริ่มได้ ซึ่งจะนำไปสู่ความเข้าใจในวิวัฒนาการของกาแล็กซี และการเกิดดาวฤกษ์ดวงแรก



ภาพที่ 17 ภาพกาแล็กซีวิทยุ Cygnus A (จุดสว่างตรงกลางภาพ) ในช่วงคลื่นวิทยุ แสดงให้เห็นลำรังสีอนุภาคพลังงานสูง (Relativistic Jet) ที่พุ่งออกมาจากขั้วทั้งสองข้างของหลุมดำมวลยวดยิ่งที่อยู่ใจกลางกาแล็กซี

นอกจากวัตถุต่าง ๆ ที่ล่องลอยอยู่ในอวกาศจะปลดปล่อยคลื่นวิทยุออกมาแล้ว อาร์โนเพนซีอัส (Arno Penzias) และโรเบิร์ต วิลสัน (Robert Wilson) สังเกตการณ์ด้วยกล้องโทรทรรศน์วิทยุที่ความถี่ 4,020 เมกะเฮิรตซ์ สามารถตรวจจับคลื่นไมโครเวฟที่กระจายอยู่ทั่วทุกบริเวณในอวกาศได้ เรียกว่า “รังสีไมโครเวฟพื้นหลัง (Cosmic Microwave Background)” ซึ่งเป็นหลักฐานสำคัญที่แสดงถึงการระเบิดครั้งใหญ่ หรือ “บิ๊กแบง (Big Bang)” จึงอาจกล่าวได้ว่าเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความเก่าแก่มากที่สุดในเอกภพ (ภาพที่ 18) ทำให้สามารถประมาณการได้ว่าเหตุการณ์บิ๊กแบงเกิดขึ้นเมื่อประมาณ 14,000 ล้านปีที่แล้ว

การศึกษารังสีไมโครเวฟพื้นหลังสามารถยืนยันทฤษฎีการเกิดเอกภพได้ นอกจากนี้ข้อมูลของดาวเทียมพลังค์ (Planck) ที่ถูกส่งเพื่อไปศึกษารังสีไมโครเวฟพื้นหลัง สามารถวัดอุณหภูมิของเอกภพได้เท่ากับ 2.726 เคลวิน (หรือประมาณ -270 องศาเซลเซียส)



Credit : ESA / Planck Collaboration

ภาพที่ 18 ภาพถ่ายรังสีไมโครเวฟพื้นหลังเอกภพ แสดงให้เห็นอุณหภูมิที่แตกต่างกันในแต่ละบริเวณ โดยมีช่วงอุณภูมิที่แตกต่างกัน 0.0006 เคลวิน ระหว่างพื้นที่สีแดงกับพื้นที่สีน้ำเงินในภาพ

» กล้องโทรทรรศน์วิทยุ (Radio Telescope)

หากพูดถึงกล้องดูดาว หรือกล้องโทรทรรศน์ในช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็น คนส่วนใหญ่จะนึกถึงกล้องที่มีขาตั้งสามขา มีลำกล้องทรงกระบอกเรียวยาว และมีเลนส์อยู่ที่ปลายทั้งสองข้าง แต่เมื่อพูดถึงกล้องโทรทรรศน์วิทยุ แม้ว่าลักษณะโดยรวมจะทำหน้าที่คล้ายกัน แต่ทว่าแตกต่างกันที่รูปทรง ขนาด องค์ประกอบภายในที่ซับซ้อนยิ่งกว่า และความยาวคลื่นที่จะศึกษา

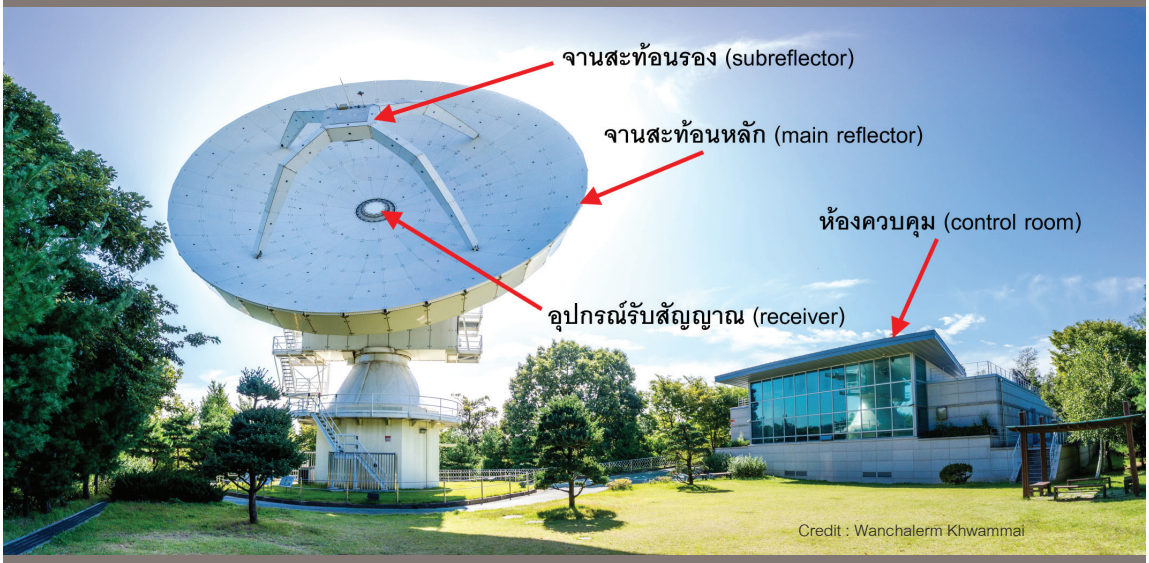
Credit : Dr. Schorsch / Wikipedia

ภาพที่ 19 กล้องโทรทรรศน์วิทยุเอ็ฟเฟิลส์แบร์ค (Effelsberg) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 เมตร ที่ประเทศเยอรมนี

กล้องโทรทรรศน์โดยทั่วไปมีหลักการคร่าว ๆ คือ รวบรวมแสงด้วยเลนส์หรือกระจก ขยายภาพด้วยเลนส์ตาหรืออุปกรณ์อื่น ๆ และปรับโฟกัสให้ภาพชัดเจน กล้องโทรทรรศน์วิทยุก็ใช้หลักการเดียวกันนี้ แต่ด้วยคลื่นวิทยุมีคุณสมบัติที่แตกต่างจากคลื่นแสงที่ตามองเห็น จึงมีอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการต่าง ๆ แตกต่างกันออกไป มีหลากหลายรูปทรง และหลากหลายขนาด ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของกล้องนั้นว่าต้องการศึกษาคลื่นวิทยุช่วงความถี่เท่าไร โดยสิ่งที่กล้องโทรทรรศน์วิทยุทุกชนิดจะต้องมี คือ สายอากาศหรือจานรับสัญญาณ และอุปกรณ์รับสัญญาณอย่างน้อย 1 ชิ้น

เมื่อคลื่นวิทยุเดินทางมาถึงกล้องโทรทรรศน์วิทยุ สายอากาศจะเป็นส่วนแรกในการรับคลื่นวิทยุก่อนที่จะเข้าสู่อุปกรณ์อื่น ๆ ซึ่งมีรูปทรงหลายชนิด ตั้งแต่สายอากาศแบบที่ใช้รับสัญญาณคลื่นวิทยุตามบ้านเรือน (สายอากาศไดโพล) ไปจนถึงแบบจานรูปทรงพาราโบลา มีหลากหลายขนาดขึ้นอยู่กับความถี่ของสัญญาณที่ต้องการจะรับ ชนิดที่พบมากที่สุด คือ จานสะท้อนรูปทรงพาราโบลา สัญญาณที่เข้ามาจะสะท้อนไปยังจุดโฟกัส ที่มีอุปกรณ์รับสัญญาณติดตั้งอยู่

อุปกรณ์รับสัญญาณจะทำหน้าที่สำคัญในการแปลงคลื่นวิทยุที่ตรวจจับได้เป็นข้อมูลดิจิทัล เปรียบได้กับกล้องถ่ายภาพที่จะบอกว่าภาพ ๆ นั้นมีความเข้มของคลื่นวิทยุมากน้อยเพียงใด อุปกรณ์รับสัญญาณนี้มีหลากหลายแบนด์หรือหลากหลายช่วงความถี่ เช่น KU แบนด์, L แบนด์ หรือ C แบนด์ เป็นต้น จากนั้นจะขยายสัญญาณให้อ่านค่าได้ง่ายยิ่งขึ้น และส่งข้อมูลผ่านทางสายส่งสัญญาณหรือใยแก้วนำแสง ไปยังอุปกรณ์บันทึกข้อมูลหรือคอมพิวเตอร์



ภาพที่ 20 แสดงส่วนประกอบสำคัญของกล้องโทรทรรศน์วิทยุเควีเอ็น ย็อนเซ (KVN Yonsei) ที่ประเทศเกาหลีใต้

≫ กล้องโทรทรรศน์วิทยุที่สำคัญของโลกในปัจจุบัน

ปัจจุบันมีกล้องโทรทรรศน์วิทยุที่มีประสิทธิภาพสูงอยู่ทั่วโลก ทั้งกล้องที่เป็นสายอากาศและกล้องแบบจานเดี่ยว ครอบคลุมช่วงความถี่ในการศึกษาที่หลากหลาย ด้วยเทคโนโลยีและองค์ความรู้ต่าง ๆ นำมาซึ่งการพัฒนาศักยภาพของกล้อง เช่น กล้องที่มีขนาดจานใหญ่ถึง 500 เมตร หรือการนำกล้องมาทำงานเป็นเครือข่ายร่วมกัน เกิดเป็นเครือข่ายกล้องโทรทรรศน์หรือ “อาเรย์ของกล้องโทรทรรศน์วิทยุ”

กล้องโทรทรรศน์วิทยุที่ใช้ศึกษาในช่วงความถี่ต่ำจะมีลักษณะเป็นสายอากาศไดโพล คล้ายกับสายอากาศโทรทัศน์ที่ใช้ตามบ้านเรือน สามารถรับสัญญาณคลื่นวิทยุจากทั่วทุกทิศทาง ไม่สามารถเคลื่อนตำแหน่งได้ การศึกษาวัตถุท้องฟ้าจึงมีข้อจำกัดอยู่มาก จะต้องอาศัยการหมุนรอบตัวเองของโลกให้วัตถุเคลื่อนผ่านบนท้องฟ้าจึงจะสามารถบันทึกข้อมูลได้

ในปัจจุบันมีการพัฒนาอาเรย์ของชุดสายอากาศหลาย ๆ ตัวให้อยู่ด้วยกัน เพื่อเพิ่มความไวต่อการตอบสนองต่อสัญญาณ โดยเฉพาะที่ความถี่ต่ำ ได้แก่ “โลฟาร์ (LOFAR : Low-Frequency Array)” (ภาพที่ 20) เป็นชุดอาเรย์ไดโพลแบบทุกทิศทาง จำนวน 20,000 ตัว แบ่งเป็น 48 สถานีหลัก โดยใน 40 สถานีหลัก จัดตั้งอยู่ที่เนเธอแลนด์ อีก 8 สถานีหลักที่เหลือจัดตั้งที่ประเทศในเครือสหภาพยุโรป ได้แก่ สหราชอาณาจักร เยอรมนี ฝรั่งเศส สวีเดน และไอร์แลนด์ ภารกิจหลักเพื่อสร้างแผนที่เอกภพในย่านความถี่ต่ำ ตั้งแต่ 10 - 240 เมกะเฮิรตซ์ ในขณะนี้ (ข้อมูลปี พ.ศ. 2561) โลฟาร์เป็นกล้องโทรทรรศน์วิทยุช่วงความถี่ต่ำที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในโลก

ภาพที่ 21 หนึ่งในสถานีหลักของกล้องโทรทรรศน์วิทยุโลฟาร์ในประเทศเนเธอแลนด์

สำหรับกล้องโทรทรรศน์วิทยุที่ศึกษาตั้งแต่ความถี่ปานกลางไปจนถึงความถี่สูง จะมีลักษณะเป็นจานรับสัญญาณรูปทรงพาราโบลา ส่วนมากสามารถหันหน้ากล้องเพื่อติดตามวัตถุบนท้องฟ้าได้ และเพื่อให้ได้พื้นที่รับสัญญาณ และความละเอียดของข้อมูลมากที่สุด กล้องโทรทรรศน์ประเภทนี้จึงมีขนาดใหญ่ กล้องจานเดี่ยวที่สามารถเคลื่อนไหวได้และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์ใหญ่ที่สุดในขณะนี้ (พ.ศ. 2561) คือ กล้องโทรทรรศน์เอ็ฟเฟิลส์แบร์คที่ประเทศเยอรมนี และกล้องโทรทรรศน์กรีนแบงค์ (Green Bank) ที่ประเทศสหรัฐอเมริกา ทั้งสองกล้องมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 เมตรเท่ากัน

ภาพที่ 22 กล้องโทรทรรศน์วิทยุพาร์คส์ (Parkes) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 64 เมตร ที่ประเทศออสเตรเลีย

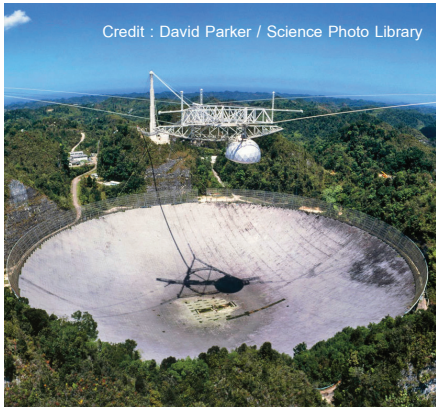
ภาพที่ 23 กล้องโทรทรรศน์วิทยุโลเวลล์ (Lovell) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 76.2 เมตรที่สหราชอาณาจักร

ภาพที่ 24 กล้องโทรทรรศน์วิทยุเอ็ฟเฟิลส์แบร์ค (Effelsberg) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 เมตร ที่ประเทศเยอรมนี

ภาพที่ 25 กล้องโทรทรรศน์วิทยุกรีนแบงค์ (Green Bank) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 เมตร ที่ประเทศสหรัฐอเมริกา

ประเทศจีนมีแผนในการสร้างกล้องโทรทรรศน์วิทยุจานเดี่ยวที่สามารถเคลื่อนไหวได้ ชื่อว่า กล้องโทรทรรศน์ฉีไถ (Qitai) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 110 เมตร คาดว่าจะแล้วเสร็จภายในปี พ.ศ. 2566 และจะกลายเป็นกล้องโทรทรรศน์จานเดี่ยวแบบเคลื่อนไหวได้ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในโลกแทนที่กล้องโทรทรรศน์เอ็ฟเฟิลส์แบร์คและกล้องโทรทรรศน์กรีนแบงค์

ขนาดจานรับสัญญาณที่ใหญ่จะทำให้ได้ความสามารถในการแยกภาพ และความไวต่อสัญญาณวิทยุที่มากขึ้น กล้องโทรทรรศน์วิทยุขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 305 เมตร จึงถูกสร้างขึ้นมาในปี พ.ศ. 2506 ที่ประเทศเปอร์โตริโก คือ กล้องโทรทรรศน์วิทยุอาเรซิโบ (Arecibo) (ภาพที่ 26) กลายเป็นกล้องโทรทรรศน์แบบจานเดี่ยวที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในโลกในขณะนั้น จนกระทั่งปี พ.ศ. 2559 กล้องโทรทรรศน์วิทยุฟาสต์ (FAST : Five-hundred-meter Aperture Spherical radio Telescope) (ภาพที่ 27) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 500 เมตร สร้างเสร็จที่ประเทศจีน จึงกลายเป็นกล้องโทรทรรศน์จานเดี่ยวที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในโลกจนถึงปัจจุบัน



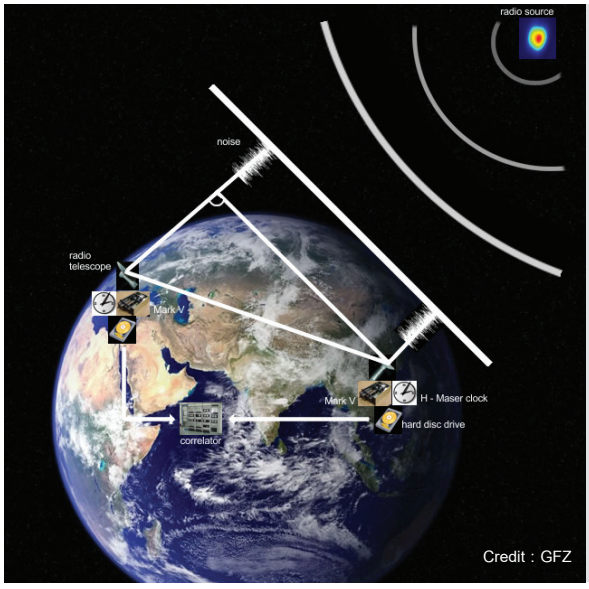
ภาพที่ 26 กล้องโทรทรรศน์วิทยุอาเรซิโบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 305 เมตร ที่ประเทศเปอร์โตริโก

ภาพที่ 27 กล้องโทรทรรศน์วิทยุฟาสต์ จานรับสัญญาณรูปทรงกลมขนาด 500 เมตร ที่ประเทศจีน

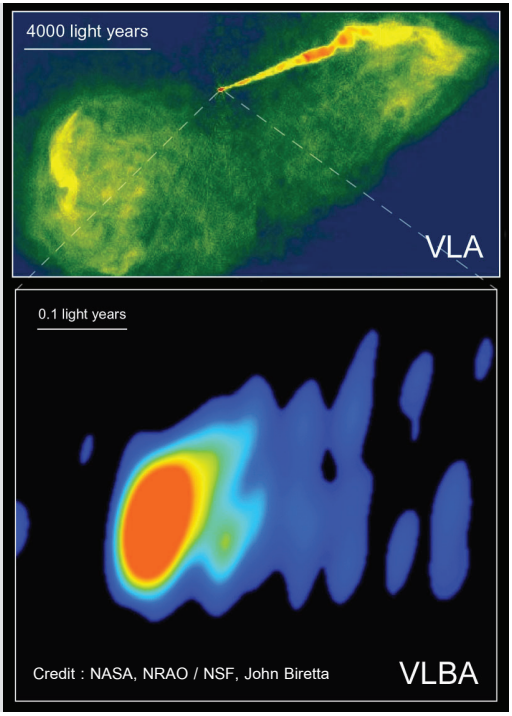
ข้อเสียที่เห็นได้อย่างชัดเจนสำหรับกล้องขนาดใหญ่ คือ น้ำหนักที่มากทำให้หน้ากล้อง (จานรับสัญญาณ) ไม่สามารถเคลื่อนไหวได้ กล่าวคือ จะสามารถศึกษาได้เฉพาะวัตถุที่เคลื่อนที่ผ่านหน้ากล้องเท่านั้น รวมไปถึงค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษากล้องที่สูงมาก จึงเกิดแนวคิดในการพัฒนาศักยภาพของกล้อง ที่อาศัยหลักการ “แทรกสอด” ของคลื่นวิทยุ โดยใช้กล้องโทรทรรศน์วิทยุขนาดเล็ก จำนวนหลายตัวทำงานร่วมกันเป็นกล้อง ๆ เดียว เกิดเป็นอาเรย์กล้องโทรทรรศน์วิทยุ (ภาพที่ 28) ที่มีประสิทธิภาพเท่ากับหรือมากกว่ากล้องขนาดใหญ่หลายเท่า

ภาพที่ 28 อาเรย์ของกล้องวิทยุวีแอลเอ (VLA : Very Large Array) ประกอบไปด้วยกล้องโทรทรรศน์วิทยุขนาด 25 เมตร จำนวน 27 ตัว วางจัดเรียงอย่างเป็นระบบ ที่รัฐนิวเม็กซิโก ประเทศสหรัฐอเมริกา

หลักการทำงานของอาเรย์กล้องโทรทรรศน์วิทยุ คือ หากยิ่งวางตำแหน่งกล้องโทรทรรศน์แต่ละตัวห่างกันมากเท่าใด ก็จะทำให้ได้ข้อมูลที่มีความละเอียดมากยิ่งขึ้น เช่น กล้องโทรทรรศน์วิทยุวีแอลเอ (ภาพที่ 28) กล้องโทรทรรศน์วิทยุอัลมา (ALMA : Atacama Large Millimeter/submillimeter Array) ฯลฯ ต่อมาได้เกิดแนวคิดในการขยายเครือข่ายเพื่อให้ได้ระยะห่างระหว่างกล้องมากที่สุด จากที่เคยเป็นอาเรย์ในพื้นที่ของประเทศเดียว กลายเป็นอาเรย์ขนาดใหญ่ระดับทวีป เรียกเทคนิคนี้ว่า “การแทรกสอดระยะไกล (Very Long Baseline Interferometry)” หรือ VLBI



ภาพที่ 29 แผนภาพแสดงการทำงานของกล้องโทรทรรศน์วิทยุด้วยเทคนิค VLBI ในการรวมสัญญาณ



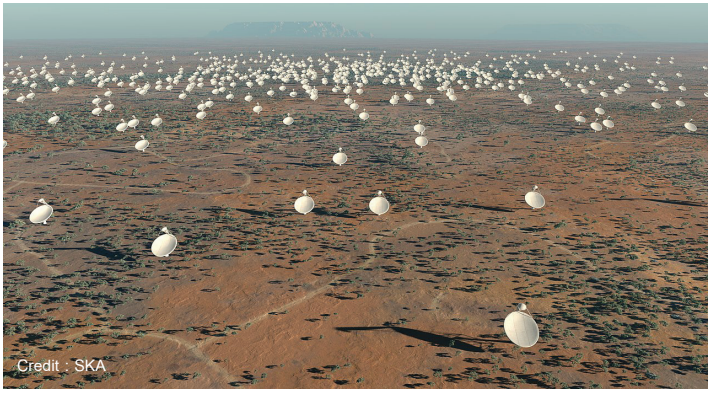
ภาพที่ 30 เปรียบเทียบภาพกาแล็กซีทรงรี M87 ระหว่างข้อมูลที่ได้จากกล้องโทรทรรศน์แบบอาเรย์ VLA (บน) กับข้อมูลที่ได้จากกล้องโทรทรรศน์แบบอาเรย์ระยะไกล VLBA (ล่าง) ได้ความละเอียดที่สูงกว่าหลายเท่า

ในปัจจุบันมีเครือข่าย VLBI กระจายอยู่ทั่วโลก เช่น VLBA (Very Long Baseline Array) ในทวีปอเมริกาเหนือ, EVN (European VLBI Network) ในสหภาพยุโรป, LBA (Australian Long Baseline Array) ในทวีปออสเตรเลีย และ EAVN (East Asian VLBI Network) ในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออก (ภาพที่ 31) นอกจากนี้ยังมีเครือข่ายกล้องโทรทรรศน์วิทยุทางไกลที่ถูกส่งออกไปนอกโลกเพื่อให้ได้ขีดความสามารถของ VLBI ที่สูงที่สุด เช่น HALCA กล้องโทรทรรศน์วิทยุขนาด 8 เมตร ของประเทศญี่ปุ่น และ Spetkr-R (RadioAstron) กล้องโทรทรรศน์วิทยุขนาด 10 เมตร ของประเทศรัสเซีย กล้องทั้งสองตัวจะทำงานร่วมกับกล้องบนพื้นโลกทำให้ได้ข้อมูลที่มีความละเอียดสูงมาก

ภาพที่ 31 เครือข่าย VLBI จากทั่วทุกมุมโลก ซึ่งในอนาคตจะมีประเทศไทยเป็นหนึ่งในนั้น

โครงการ Square Kilometre Array หรือ SKA เป็นโครงการเครือข่ายกล้องโทรทรรศน์วิทยุระดับโลก มีแผนจะสร้างในประเทศแอฟริกาใต้ และออสเตรเลีย หากโครงการแล้วเสร็จ SKA จะมีขนาดพื้นที่ในการรับสัญญาณมากถึง 1 ตารางกิโลเมตร และจะกลายเป็นกล้องที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในโลก ครอบคลุมความถี่ที่จะศึกษาตั้งแต่ความถี่ต่ำไปจนถึงความถี่สูง โครงการนี้เกิดจากความร่วมมือระดับนานาชาติกว่า 18 ประเทศจากเกือบทุกทวีปทั่วโลก คาดว่าจะเสร็จสมบูรณ์ในปี พ.ศ. 2573 เพื่อสร้างองค์ความรู้ที่จะนำไปสู่การตอบคำถามที่สำคัญในทางดาราศาสตร์ เช่น ดาวฤกษ์และหลุมดำดวงแรกเกิดขึ้นมาได้อย่างไร กาแล็กซีมีวิวัฒนาการอย่างไร ทฤษฎีของไอน์สไตน์ถูกต้องหรือไม่ รวมไปถึงคำถามยอดนิยม คือ “มนุษย์อยู่อย่างโดดเดี่ยวในเอกภพจริงหรือไม่ ?”

ซึ่งการที่จะสร้างเครือข่ายกล้องโทรทรรศน์ที่มีประสิทธิภาพสูงขนาดนี้จำเป็นจะต้องอาศัยเทคโนโลยีขั้นสูงมารองรับ จะนำมาซึ่งการพัฒนาเทคโนโลยีทั้งทางวิศวกรรม ไปจนถึงการจัดการกับกระแสข้อมูลจำนวนมหาศาล โดยท้ายที่สุดแล้วเทคโนโลยีเหล่านี้จะถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนานวัตกรรมที่ใช้ในชีวิตประจำวันของมนุษย์

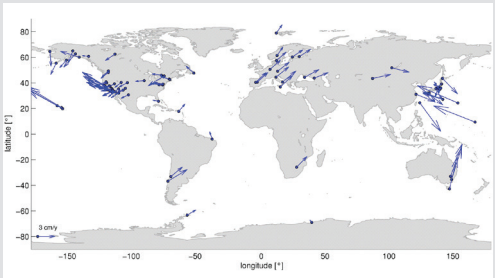


ภาพที่ 32 ภาพจำลองจานรับสัญญาณส่วนหนึ่งของโครงการ SKA กระจายบนพื้นที่ระยะ 5 กิโลเมตร ที่ประเทศออสเตรเลีย

อีกหนึ่งการประยุกต์ใช้เครือข่ายกล้องโทรทรรศน์วิทยุ VLBI คือ การศึกษาด้านยีออเดซี (Geodesy) เป็นการศึกษาเพื่อสำรวจและวัดพิกัดตำแหน่งที่คำนึงถึงอิทธิพลของผิวโค้งของโลก มีเป้าหมายเพื่อให้ได้ข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับโลก ไม่ว่าจะเป็นสัณฐาน ลักษณะของชั้นบรรยากาศ ลักษณะของสนามโน้มถ่วง ไปจนถึงการวางตัวในอวกาศของโลก เนื่องจากโลกเป็นดาวเคราะห์ที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ตัวแปรดังกล่าวจึงมีความจำเป็นต่อการวิจัยและพัฒนาในหลากหลายด้านเพื่อตอบสนองต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์

ข้อมูลตำแหน่งที่ได้จากเครือข่าย VLBI ทั่วโลก เป็นข้อมูลที่มีความแม่นยำสูงในระดับมิลลิเมตร และไม่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงโลก จึงสามารถใช้เป็นตำแหน่งอ้างอิงของระบบพิกัดโลกได้เป็นอย่างดี รวมถึงใช้ศึกษาการเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลกได้อีกด้วย ดังภาพที่ 33

ปัจจุบันมีการพัฒนากล้องโทรทรรศน์วิทยุสำหรับใช้งานด้านยีออเดซีโดยเฉพาะ ทำงานภายใต้ระบบที่เรียกว่า “วีกอส (VGOS : VLBI Global Observing System)” เป็นแนวคิดในการออกแบบระบบกล้องให้มีขนาดหน้าจานรับสัญญาณ อยู่ที่ประมาณ 12 ถึง 15 เมตร เพื่อความคล่องตัวในการติดตามแหล่งกำเนิดคลื่นวิทยุ และรับสัญญาณคลื่นวิทยุในช่วงความถี่ 2 ถึง 14 จิกะเฮิรตซ์



ภาพที่ 33 ภาพแสดงทิศทางและความเร็วในการเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลกที่ได้จากการสังเกตการณ์ตำแหน่งของกล้องโทรทรรศน์วิทยุ โดยข้อมูลนี้ ได้จากฐานข้อมูลในปี พ.ศ. 2551

Credit : VLBI Stations velocity - ITRF2008

ในอนาคตอันใกล้นี้ ประเทศไทยกำลังจะเป็นส่วนหนึ่งของเครือข่าย VLBI ในการพัฒนาเครือข่ายกล้องโทรทรรศน์วิทยุให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยจะเป็นกล้องโทรทรรศน์วิทยุขนาด 40 เมตร ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ รวมถึงกล้องโทรทรรศน์วิทยุขนาด 13 เมตร สำหรับการศึกษาด้านยีออเดซี เพื่อการพัฒนาความถูกต้องด้านตำแหน่งและระบบพิกัดของประเทศไทย

» กล้องโทรทรรศน์วิทยุในประเทศไทย

ปัจจุบันสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) มีกล้องโทรทรรศน์วิทยุที่สามารถใช้งานได้ จำนวน 1 ตัว ซึ่งเป็นกล้องขนาดเล็กเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.5 เมตร ช่วงความถี่ที่ศึกษา 1,420 เมกะเฮิรตซ์ หรือความถี่มูลฐานของอะตอมไฮโดรเจนที่เป็นกลาง สถานที่ติดตั้ง อุทยานดาราศาสตร์สิรินธร สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ต.ดอนแก้ว อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่ (ภาพที่ 34)

ภาพที่ 34 กล้องโทรทรรศน์วิทยุขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.5 เมตร และห้องควบคุม (ตู้ทรงสี่เหลี่ยมด้านข้างกล้อง) ณ อุทยานดาราศาสตร์สิรินธร จังหวัดเชียงใหม่

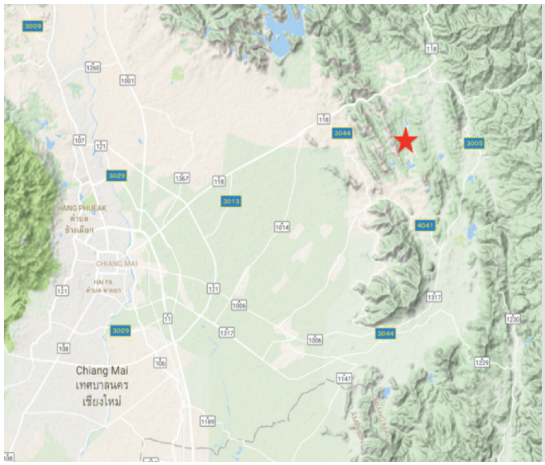
พันธกิจหลักของการใช้งานกล้องโทรทรรศน์วิทยุตัวนี้ เพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการดาราศาสตร์วิทยุ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายไปจนถึงอุดมศึกษา รวมถึงใช้ประกอบการอบรมให้กับนักศึกษาทั้งในประเทศและประเทศในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ส่งผลให้เกิดการพัฒนาองค์ความรู้ทั้งด้านดาราศาสตร์วิทยุและวิศวกรรมแก่นักศึกษาและบุคลากร เห็นความสำคัญของดาราศาสตร์วิทยุในประเทศไทย รวมถึงกระตุ้นความสนใจให้กับนักศึกษาหรือผู้สนใจในสาขาอื่นให้เข้ามาเรียนรู้ในด้านนี้มากยิ่งขึ้น

≫ หอสังเกตการณ์ดาราศาสตร์วิทยุแห่งชาติ (Thai National Radio Astronomy Observatory)

หอสังเกตการณ์ดาราศาสตร์วิทยุแห่งชาติ ประกอบด้วยกล้องโทรทรรศน์วิทยุ 2 ตัว ได้แก่ กล้องโทรทรรศน์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เมตร ที่มีต้นแบบมาจากกล้องโทรทรรศน์วิทยุเยเบส (Yebes) (ภาพที่ 35 ซ้าย) และกล้องโทรทรรศน์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 13 เมตร (ภาพที่ 35 ขวา) มีศูนย์วิศวกรรมขั้นสูงเฉพาะทางเพื่อการรักษาและพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านดาราศาสตร์วิทยุ รวมถึงมีอาคารบริการข้อมูลเพื่อการเรียนรู้ดาราศาสตร์วิทยุที่จะเป็นแหล่งเรียนรู้สำหรับนักเรียน นักศึกษา และประชาชนทั่วไป

ภาพที่ 35 แสดงตัวอย่างกล้องโทรทรรศน์วิทยุเยเบส ขนาด 40 เมตร ที่ประเทศสเปน (ซ้ายมือ) และกล้องโทรทรรศน์วิทยุวีกอส ขนาด 13 เมตร (ขวามือ)

สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ร่วมกับศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้ อันเนื่องมาจากพระราชดำริ วางแผนการจัดตั้ง “อุทยานการเรียนรู้ดาราศาสตร์และพิพิธภัณฑ์ธรรมชาติที่มีชีวิต” บริเวณรอบสถานที่ก่อสร้างหอสังเกตการณ์ดาราศาสตร์วิทยุแห่งชาติ ภายในศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ เนื่องจากเป็นพื้นที่ห่างไกลจากแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนของชาวบ้านพอสมควร (ดังภาพที่ 36 ที่ตำแหน่งรูปดาวสีแดง) รวมไปถึงสถานีตรวจอากาศที่ใช้ในการศึกษาชั้นบรรยากาศของโลกก็ติดตั้งที่บริเวณใกล้เคียงกันนี้



ภาพที่ 36 จุดติดตั้งหอสังเกตการณ์ดาราศาสตร์วิทยุแห่งชาติ อยู่ภายในศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ (รูปดาวสีแดง)

ปัจจุบัน ประเทศไทยมีบุคลากรด้านดาราศาสตร์วิทยุอยู่แล้ว ทั้งในสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) และในมหาวิทยาลัยต่าง ๆ แต่ยังไม่มีกล้องโทรทรรศน์วิทยุที่มีประสิทธิภาพเพียงพอสำหรับการทำวิจัยเชิงลึก การสร้างหอสังเกตการณ์ดาราศาสตร์วิทยุแห่งชาติจะเป็นการเติมเต็มส่วนสำคัญของวงการดาราศาสตร์วิทยุในประเทศไทย รวมถึงทางด้านยีออเดซีและวิทยาศาสตร์บรรยากาศ

นอกจากการพัฒนาสาขาวิชาดังกล่าวแล้ว กล้องโทรทรรศน์วิทยุจะเปรียบเสมือนห้องเรียนสาขาวิชาใหม่ ที่ไม่เคยมีในประเทศไทยมาก่อน จะทำให้เกิดการพัฒนาศักยภาพของบุคลากร ทั้งวิศวกรและนักวิจัยสาขาอื่นที่เกี่ยวข้อง จนนำไปสู่การพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมขั้นสูงในประเทศไทย

ตัวอย่างเช่น เมื่อปี พ.ศ. 2517 วิศวกรชาวออสเตรเลีย จอห์น โอซุลลิแวน (John O'Sullivan) ได้ศึกษาคลื่นวิทยุที่มาจากหลุมดำ หลุมดำแห่งนี้อยู่ไกลออกไปจากโลกมาก สัญญาณวิทยุที่มาถึงมีความแผ่วเบาที่แทบจะไม่แตกต่างจากสัญญาณรบกวนพื้นหลังในอวกาศ เขาจึงได้คิดค้นวิธีที่จะตรวจจับสัญญาณที่อยู่ท่ามกลางสัญญาณรบกวนขึ้น ซึ่งวิธีเดียวกันนี้กลายมาเป็นส่วนหนึ่งในเทคโนโลยีการเชื่อมต่อแบบไร้สายหรือ Wi-Fi ที่กลายมาเป็นส่วนหนึ่งในชีวิตประจำวันของมนุษย์

ตัวอย่างข้างต้นแสดงให้เห็นว่า โจทย์ปัญหาที่ยากที่สุด จะเป็นตัวผลักดันให้เกิดเทคโนโลยีที่ล้ำสมัยที่สุด การวิจัยดาราศาสตร์จะนำมาซึ่งโจทย์ปัญหาที่ไม่สามารถพบได้บนโลกใบนี้ การสร้างหอสังเกตการณ์ดาราศาสตร์วิทยุแห่งชาติ จะเป็นการเริ่มต้นสู่โจทย์ปัญหาที่ท้าทาย เทคโนโลยีใหม่ ๆ จะสร้างกำลังคนทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีขั้นสูงเพื่อพัฒนาประเทศต่อไป

- สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)
  อุทยานดาราศาสตร์สิรินธร
  National Astronimical Reseach Institute of Thailand (Public Organization)
  เลขที่ 260 หมู่ 4 ตำบลดอนแก้ว อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ 50180
  โทรศัพท์ : 0-5312-1268-9 โทรสาร : 0-5312-1250

- สำนักงานประสานงาน กรุงเทพฯ
  สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)
  ชั้น 2 เลขที่ 75/47 กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม
  ซอยโยธี ถนนพระรามที่ 6 แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400
  โทรศัพท์ : 0-2354-6652 โทรสาร : 0-2354-7013

- หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา ฉะเชิงเทรา
  Regional Observatory for the Public Chachoengsao
  เลขที่ 999 หมู่ 3 ตำบลวังเย็น อำเภอแปลงยาว จังหวัดฉะเชิงเทรา 24190
  โทรศัพท์ : 0-3858-9396 โทรสาร : 0-3858-9395

- หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา นครราชสีมา
  Regional Observatory for the Public Nakhon Ratchasima
  มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
  เลขที่ 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
  โทรศัพท์ : 0-4421-6254 โทรสาร : 0-4421-6255

- หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา สงขลา
  Regional Observatory for the Public Songkhla
  เลขที่ 79/4 หมู่ 4 ซอยสถาบันพัฒนาฝีมือแรงงาน ถนนสงขลา-นาทวี
  ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000
  โทรศัพท์ : 0-7430-0868 โทรสาร : 0-7430-0867

NATIONAL ASTRONOMICAL RESEARCH
INSTITUTE OF THAILAND
(PUBLIC ORGANIZATION)

E-mail : info@narit.or.th • www.NARIT.or.th

พิมพ์ครั้งที่ 3
ตุลาคม 2563