# การศึกษาวิจัยด้านฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาคของไทย

บุญรักษา สุนทรธรรม
สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)

นักวิทยาศาสตร์สนใจศึกษาอนุภาคมูลฐาน (Elementary Particle) มาเป็นเวลายาวนานกว่าศตวรรษมาแล้ว อนุภาคมูลฐานเป็นหน่วยย่อยที่สุดของอนุภาคที่เป็นจุดกำเนิดของอะตอม โมเลกุล และสสารต่างๆที่มนุษย์เห็นและสัมผัสได้

การค้นพบโครงสร้างของอะตอมและการศึกษาด้านนิวเคลียร์ฟิสิกส์ ทำให้นักวิทยาศาสตร์ทราบว่ายังมีอนุภาคมูลฐานอีกมากมายที่ประกอบเป็นนิวเคลียสและอะตอม ในช่วงปี ค.ศ. 1950 เริ่มมีการพัฒนาเครื่องเร่งอนุภาค (Particle Accelerator) และเครื่องตรวจจับอนุภาค (Particle Detector) ทำให้สามารถศึกษาผลกระทบของการเคลื่อนที่และอันตรกิริยาของอะตอม รวมถึงอนุภาคมูลฐานซึ่งเป็นหน่วยย่อยของอะตอม ทำให้ค้นพบอนุภาคมูลฐานอีกมากมาย รวมถึงการประยุกต์ใช้อนุภาคมูลฐานและอันตรกิริยาของอนุภาคมูลฐานเพื่อประโยชน์ในการทดลองทางวิทยาศาสตร์ การแพทย์ การเกษตร และภาคการผลิต ปัจจุบันมีการสร้างและพัฒนาเครื่องชนอนุภาคแฮดรอนขนาดใหญ่ (Large Hadron Collider, LHC) เป็นเครื่องเร่งอนุภาคขนาดใหญ่ที่สุดในโลก ตั้งอยู่ที่องค์กรเพื่อการวิจัยด้านนิวเคลียร์แห่งยุโรป (European Organization for Nuclear Research) หรือ เซิร์น (CERN) เมืองเจนีวา ประเทศสวิตเซอร์แลนด์

การผลิตอนุภาคพลังงานสูงบนโลกนั้นยังยากมาก ที่จะผลิตให้มีพลังงานสูงเทียบเท่ากับอนุภาคพลังงานสูงที่มีอยู่ในอวกาศ การศึกษาสเปกตรัมของรังสีคอสมิกพบว่ามีอนุภาคพลังงานสูงถึง $10^{20}$ อิเล็กตรอนโวลต์ (eV) ในขณะที่การทดลองการชนระหว่างโปรตอน-โปรตอน (Proton-Proton Collision) ในเครื่องชนอนุภาคแฮดรอนขนาดใหญ่ มีพลังงานสูงสุดอยู่ในพิสัยประมาณ $10^{12}$ อิเล็กตรอนโวลต์เท่านั้น ดังนั้นการศึกษาวิจัยด้านฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาคจึงเป็นศาสตร์ที่มีความสำคัญเพื่อความเข้าใจในการพัฒนาด้านการผลิตอนุภาคพลังงานสูงบนโลก

## ฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาค (Astroparticle Physics) คืออะไร

ความเข้าเรื่องอนุภาคพลังงานสูงในอวกาศ เริ่มมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1910 เมื่อมีการทดลองวัดการเกิดไอออน (Ionization) ในอากาศ ซึ่งเป็นเป็นตัวชี้วัดการแผ่รังสีแกมมา (Gamma Ray) ณ จุดสูงสุดและจุดต่ำสุดของหอไอเฟล (Eiffel Tower) ซึ่งมีความสูงราว 300 เมตร โดย ธิโอดอร์ วูล์ฟ (Theodor Wulf) นักฟิสิกส์ชาวเยอรมันเป็นผู้ทดลอง และพบว่าระดับการเกิดไอออนบนยอดหอไอเฟล มีมากกว่าพื้นล่างมาก แทนที่จะน้อยลงตามที่สันนิษฐานไว้แต่แรกว่า แหล่งกำเนิดของพลังงาน

มาจากระดับพื้นดิน ผลการทดลองดังกล่าวแสดงว่าอนุภาคที่ทำให้เกิดไอออนในอากาศน่าจะมาจากอวกาศมากกว่าที่จะมาจากระดับพื้นดิน ซึ่งต่อมาวิกเตอร์ ฟรานซิส เฮสส์ (Victor Francis Hess) นักฟิสิกส์ชาวออสเตรียน-อเมริกัน ได้ตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับการเกิดไอออนในอากาศว่า น่าจะเกิดจากแหล่งพลังงานในอวกาศ เขาทำการทดลองเพื่อพิสูจน์สมมติฐานดังกล่าว โดยการสร้างเครื่องอิเลกโตรสโคป (Electroscope) ที่ใช้วัดการแผ่รังสีบรรทุกในบอลลูนขนาดใหญ่ ลอยขึ้นไปสูงถึง 5.3 กิโลเมตรจากระดับพื้นดินเพื่อสังเกตการณ์การเกิดไอออนในอากาศ พบว่าระดับการเกิดไอออนลดลงจนถึงระดับสูงประมาณ 1 กิโลเมตร หลังจากนั้นจึงค่อยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จนเป็น 2 เท่า ณ ระดับความสูง 5 กิโลเมตรจากระดับน้ำทะเล ในระหว่างปี ค.ศ. 1911-1913 เฮสส์ทดลองวัดระดับการเกิดไอออนในอากาศ ณ ระดับสูงอีกประมาณ 10 ครั้ง เขาสรุปว่าเขาจะไม่สามารถวัดการเกิดไอออนได้ ณ ระดับความสูงเกิน 500 เมตรได้เลย หากแหล่งกำเนิดอนุภาคพลังงานสูงที่ทำให้เกิดไอออนมาจากเพียงภาคพื้นดินเท่านั้น ข้อสรุปดังกล่าวจึงทำให้เฮสส์มั่นใจว่าอนุภาคพลังงานสูงต้องมาจากอวกาศอย่างแน่นอน

นอกจากนี้ยังพบว่าการทดลองการวัดไอออนในระดับสูง แม้ช่วงตอนเกิดสุริยุปราคาเต็มดวง ก็ไม่ได้ทำให้ปริมาณการเกิดไอออนน้อยลงแต่อย่างใด จึงสรุปว่าแหล่งกำเนิดอนุภาคพลังงานสูงที่ทำให้เกิดไอออนในบรรยากาศ น่าจะมีแหล่งกำเนิดมาจากวัตถุในอวกาศไกลโพ้น

ในปี ค.ศ. 1925 โรเบิร์ต มิลลิแกน (Robert Millikan) ยืนยันการค้นพบของเฮสส์ และเรียกอนุภาคที่มาจากอวกาศเหล่านั้นว่า “รังสีคอสมิก (cosmic Ray)” และในปี ค.ศ.1936 เฮสส์ได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ จากผลงานการค้นพบดังกล่าว ซึ่งนับว่าเป็นจุดกำเนิดของศาสตร์ที่มีความสำคัญที่เรียกว่า “ฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาค”

**แบบจำลองมาตรฐานของอนุภาคมูลฐาน**

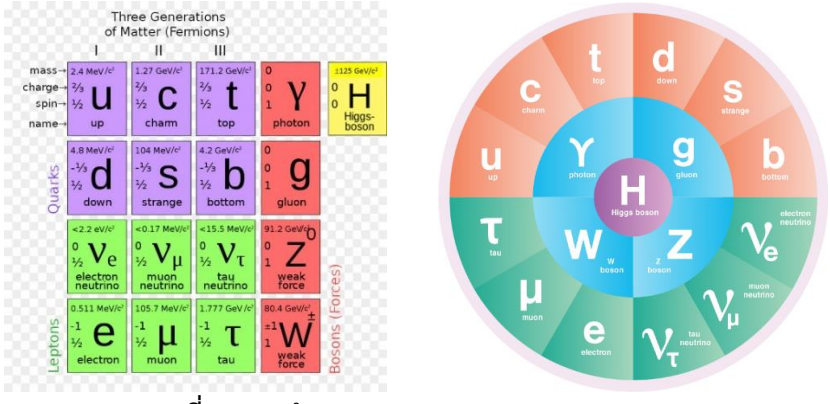
นับตั้งแต่การกำเนิดของเอกภพจากระเบิดใหญ่ (Big Bang) เมื่อ 13,700 ล้านปีที่แล้ว ณ เสี้ยววินาทีแรกของการกำเนิดเอกภพ พลังงานที่แผ่ออกมาจำนวนมหาศาลสร้างอนุภาคมูลฐานที่เรียกว่า ควาร์ก (Quark) และ โบซอน (Boson) ซึ่งโบซอนเป็นอนุภาคมูลฐานที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนอัตรกิริยาอย่างเข้ม (Strong Interaction) ระหว่าง ควาร์ก (คล้ายกับการแลกเปลี่ยนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเมื่ออิเล็กตรอนเปลี่ยนระดับพลังงานภายในอะตอม) ทำให้ควาร์กสามารถรวมตัวเป็นอนุภาคหรือสสารแบริออน (Baryonic Matter) อันได้แก่โปรตอนและนิวตรอนนั่นเอง และเมื่อเอกภพเริ่มเย็นตัวลงอนุภาค แบริออนจึงสามารถรวมตัวเป็นอะตอมและโมเลกุลของธาตุต่าง ๆ ในเอกภพต่อไป

ควาร์กเป็นอนุภาคที่มีสปิน $\frac{1}{2}$ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิดได้แก่ ชนิดขึ้น (Up Type) ได้แก่ ควาร์กขึ้น (Up) ชาร์ม (Charm) ท๊อป (Top) และชนิดลง (Down Type) ได้แก่ ควาร์กลง (Down) สเตรงจ์ (Strange) และบ๊อททอม (Bottom)

นอกจากควาร์กแล้ว ยังมีอนุภาคมูลฐานอีกประเภทหนึ่งที่มีสปิน $\frac{1}{2}$ เช่นกัน ได้แก่ เลปตอน (Lepton) ซึ่งเป็นอนุภาคมูลฐานที่ไม่การแลกเปลี่ยนอันตรกิริยาแบบเข้มเหมือนควาร์ก สามารถแบ่งเป็นเลปตอนที่มีประจุ (Charged) ได้แก่ อิเล็กตรอน (Electron) มิวออน (Muon) และ ทาว (Tau) และเลปตอนที่ไม่มีประจุ (Neutral) ได้แก่ อิเล็กตรอนนิวตริโน (Electron Neutrino) มิวออนนิวตริโน (Muon Neutrino) และ ทาวนิวตริโน (Tau Neutrino)

นักวิทยาศาสตร์เรียกอนุภาคมูลฐานที่มีสปิน $\frac{1}{2}$ นี้ว่า “เฟอมิออน (Fermion)”

ส่วนโบซอน (Boson) ที่เป็นอนุภาคที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนอัตรกิริยาอย่างเข้มระหว่าง ควาร์กนั้นเป็นอนุภาคมูลฐานที่มีสปิน 1 ได้แก่ โฟตอน (Photon) กลูออน (Gluon) แซดโบซอน (Z Boson) และ ดับเบิ้ลยูโบซอน (W Boson) และยังมีโบซอนอีกตัวหนึ่งที่เป็นอนุภาคมูลฐาน แต่มีสปิน 0 เรียกว่า “ฮิกส์โบซอน (Higgs Boson)” ซึ่งได้รับการยืนยันว่ามีอนุภาคนี้จริง โดยการทดลองการชนของอนุภาคจากเครื่องชนอนุภาคแฮดรอนขนาดใหญ่ของเซิร์น เมื่อวันที่ 4 กรกฎาคม ค.ศ. 2012 ฮิกส์โบซอนเป็นอนุภาคมูลฐานในแบบจำลองมาตรฐาน ที่สามารถทำให้อธิบายได้ว่า ทำไมอนุภาคมูลฐานชนิดอื่น เช่น ควาร์ก และอิเล็ตตรอนจึงมีมวล ทำไมโฟตอนจึงไม่มีมวล และทำไมแซดโบซอนและดับเบิ้ลยูโบซอนจึงเป็นอนุภาคมูลฐานที่มีมวลมาก การค้นพบฮิกส์โบซอน ทำให้ ปีเตอร์ ฮิกส์ (Peter Higgs) และ ฟรังซัวร์ อิงเลอร์ต (François Englert) ได้รับรางวัลโนเบลเมื่อวันที่ 10 ธันวาคม ค.ศ. 2013







**รูปที่ 1** แบบจำลองมาตรฐานของอนุภาคมูลฐาน (ภาพจาก http://phys.orgnews/2015-05-particle-physics-discovery-theory.html และ https://www.symmetrymagazine.org/standard-model/)

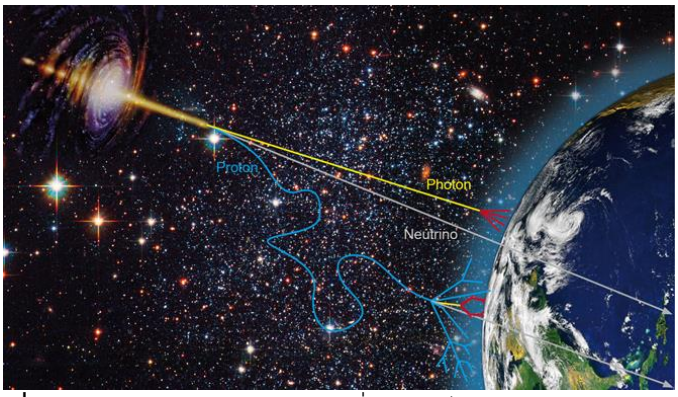
นอกจากอนุภาคมูลฐานที่กล่าวถึงในแบบจำลองมาตรฐานแล้ว ยังพบว่าในเอกภพของเรามีอนุภาคที่ไม่สามารถสังเกตเห็น หรือตรวจจับได้ ไม่ว่าจะใช้อุปกรณ์ตรวจสัญญาณใด แต่รู้ว่ามีสสารหรือพลังงานเหล่านี้อยู่โดยศึกษาสสาร และพลังงานเหล่านี้ผ่านผลของความโน้มถ่วง (Gravitational Effect) และผลของเลนซ์ความโน้มถ่วง (Gravitational Lensing Effect) เรารู้จักกันในนามของ “สสารมืด (Dark Matter)” หรือ”พลังงานมืด (Dark Energy)” ซึ่งสสารมืดและพลังงานมืดเหล่านี้ไม่ได้ประกอบด้วยอนุภาคมูลฐานในแบบจำลองมาตรฐาน ทำให้สสารมืดและพลังงานมืดจัดเป็นสสารที่ไม่ใช่แบริออน (Non-baryonic Matter) คาดว่าสสารมืดและพลังงานมืดในเอกภพมีจำนวนมากมายมหาศาลเกือบ 95 เปอร์เซนต์ (สสารมืด 26.7 เปอร์เซนต์ และพลังงานมืด 68.3 เปอร์เซนต์) ของสสารและพลังงานที่มีทั้งหมดในเอกภพปัจจุบัน คงเหลือสสารและพลังงานที่มนุษย์สามารถเห็นหรือสังเกตการณ์ได้เพียง 5 เปอร์เซนต์เท่านั้น

**การศึกษาวิจัยด้านฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาค**

การศึกษาค้นคว้าวิจัยด้านฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาคเกี่ยวข้องกับการศึกษาค้นคว้าวิจัยการแผ่พลังงานทั้งในรูปแบบของอนุภาค เช่น โปรตอน อิเล็กตรอน นิวตริโน เป็นต้น และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น รังสีแกมมา (Gamma Ray) ที่เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรืออนุภาคที่มีพลังงานสูง เป็นต้น ที่แผ่ออกมาจากวัตถุในอวกาศหลากหลายชนิดนับตั้งแต่ดวงอาทิตย์ ดาวฤกษ์ ซูเปอร์โนวา (Supernova) ใจกลางของกาแลกซีกัมมันต์ (Active Galactic Nucleus, AGN) รวมทั้งการศึกษาค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับพลังงานมืดหรือสสารมืดดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

การศึกษาค้นคว้าวิจัย อาจเน้นการค้นหาแหล่งกำเนิดของอนุภาคหรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่ออกมาในอวกาศ และสังเกตการณ์ได้จากเครื่องมือต่างๆบนพื้นโลกและในอวกาศ เช่น กล้องวัดรังสีเชอเรนคอฟ (Cherenkov Telescope) ที่เกิดจากรังสีแกมมาที่แผ่ออกมาจากวัตถุในอวกาศเมื่อผ่านบรรยากาศของโลก หอสังเกตการณ์นิวตริโน (Neutrino Observatory) ที่สามารถตรวจจับอนุภาคนิวตริโนจากวัตถุในอวกาศ กล้องโทรทรรศน์แสง (Optical Telescope) หรือกล้องโทรทรรศน์วิทยุ (Radio Telescope) ที่ติดตาม (Follow Up) การแปรแสงหรือการแปรเปลี่ยนคลื่นวิทยุที่แผ่ออกมาจากวัตถุในอวกาศ หรือ จากกล้องโทรทรรศน์อวกาศรังสีแกมมา (Gamma Ray Space Telescope) เป็นต้น ปัจจุบันนักดาราศาสตร์สามารถศึกษาอนุภาคและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าพลังงานสูง ที่แผ่จากวัตถุในอวกาศหลายชนิดเช่น ควาซาร์ (Quasar) บลาซาร์ (Blazar) นิวเคลียสของกาแลกซีกัมมันต์ (Active Galactic Nuclei, AGN) เป็นต้นได้ ซึ่งบางครั้งวัตถุในอวกาศเดียวกันสามารถแผ่อนุภาคและพลังงานหลากหลายออกมาได้พร้อมกัน นักดาราศาสตร์จึงใช้เครื่องมือทางดาราศาสตร์

หลากหลายที่จะวัดอนุภาคและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั้นต่าง ๆ จากวัตถุในอวกาศเดียวกัน นั้นได้ทำให้สามารถเข้าใจกลไกการแผ่อนุภาค และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่าง ๆ ภายในวัตถุในอวกาศนั้นได้อย่างแม่นยำ เรียกการสังเกตการณ์โดยใช้เครื่องมือดาราศาสตร์หลากหลายทั้งบนพื้นโลกและ/หรือในอวกาศ เพื่อให้ได้ข้อมูลภาพรวมของกลไกการส่งถ่ายพลังงานจากภายในของวัตถุในอวกาศออกสู่ภายนอกเหล่านี้ว่า “การสังเกตการณ์แบบพหุข่าวสาร (Multi-messenger Observations)”




**รูปที่ 2** การปลดปล่อยอนุภาคและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิด เช่น นิวเคลียสของกาแลกซีกัมมันต์ ในอวกาศมายังโลก (ภาพจาก https://astro.desy.de/)

ปัญหาที่ยังไม่มีความเข้าใจชัดแจ้งในปัจจุบันเกี่ยวกับฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาคมีหลากหลายประเด็น โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณลักษณะของสสารมืดและพลังงานมืด ซึ่งสสารมืดหรือพลังงานมืดนั้น เราไม่อาจสังเกตได้โดยตรง แต่ต้องสังเกตจากผลของสสารมืดหรือพลังงานมืดที่มีต่อความโน้มถ่วง (Gravity) หรือ ปฏิกิริยาของสสารมืดหรือพลังงานมืดต่อสสารแบริออน (Baryonic Matter) ที่ปรากฏให้เราเห็นหรือที่เราสามารถวัดได้อยู่เท่านั้น ที่จะทำให้เราทราบถึงการมีอยู่ของสสารหรือพลังงานมืดเหล่านั้น

เมื่อปี ค.ศ. 1930 วอลเตอร์ บาอาด (Walter Baade) และฟริทซ์ ชวิคกี้ (Fritz Zwicky) สังเกตการณ์และศึกษา “ค่าความเร็วในวงโคจร (Orbital Velocities)” ของดาวฤกษ์ในกาแลกซีทางช้างเผือกและกาแลกซีอื่น ๆ รวมทั้งกระจุกกาแลกซีด้วย พบว่าค่าความเร็ววงโคจรของดาวฤกษ์ที่วัดได้มีค่าสูงกว่าค่าความเร็ววงโคจรของดาวฤกษ์ที่คำนวณได้โดยใช้เพียง “มวลที่มองเห็นได้ (Visible Mass)” ของกาแลกซีหรือกระจุกกาแลกซีเป็นอย่างมาก แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า มวลทั้งหมดในกาแลกซีหรือกระจุกกาแลกซีนั้น จริง ๆ แล้วมีจำนวนมากมายมหาศาลกว่ามวลมี่วัดได้จากเครื่องวัดต่าง ๆ ทั้งหมดมากนัก ซึ่งมวลที่ไม่สามารถวัดได้ไม่ว่าจะใช้เครื่องวัดใด ๆ ก็ตาม แต่มีอยู่จริงเหล่านั้นก็คือ “สสารมืด” หรือ “พลังงานมืด” นั่นเอง

ในทางเอกภพวิทยา (Cosmology) นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะวัดค่า “ความเร่งของการขยายตัวของเอกภพ” และพบว่าสสารมืดจำนวนมหาศาลในเอกภพอาจถูกซ่อนอยู่ในรูปของพลังงานมืด ที่ทำให้ค่าความเร่งของการขยายตัวของเอกภพมีค่าห่างไกลจากค่าที่คำนวณโดยใช้สสารที่วัดได้ในปัจจุบันเป็นอย่างมาก นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่า เอกภพมีพลังงานมืดแทรกอยู่อย่างสม่ำเสมอทั่วไปทุกที่ และจากการวัดค่าการหมุนรอบตัวเองของกาแลกซี พบว่ากราฟการหมุนรอบตัวเอง (Rotation Curve) ของกาแลกซีไม่เป็นไปตามกฎการหมุนทางฟิสิกส์ อันเนื่องมาจากการมีอยู่ของสสารมืดและพลังงานมืดจำนวนมหาศาลซ่อนอยู่ในกาแลกซีนั่นเอง

จากการคำนวณยังพบว่าหากกาแลกซีต่าง ๆ มีสสารเท่าที่เห็น โดยที่ไม่มีสสารมืดหรือพลังงานมืดอยู่เลย สสารที่ประกอบเป็นกาแลกซีเหล่านั้นจะมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างกันไม่เพียงพอที่จะทำให้กาแลกซีคงสภาพอยู่ได้ แต่สสารจะเคลื่อนที่กระจายออกจากกัน แทนที่จะหมุนและคงสภาพเป็นกาแลกซีอยู่อย่างที่เห็น

อย่างไรก็ตามหากสสารมืดซึ่งเป็นสสารที่ไม่ใช่แบริออน (Non-baryonic Matter) อยู่ในสภาวะ “สมมาตรยิ่งยวด (Supersymmetric)” สสารมืดอาจเกิดกระบวนการประลัย (Dark Matter Annihilation) โดยปฏิกิริยาระหว่างสสารมืดด้วยกัน แตกตัวและผลิตสสารแบริออน (Baryonic Matter) ที่เป็นอนุภาคหรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าพลังงานสูง เช่น นิวตริโน รังสีแกมมา ที่นักดาราศาสตร์สามารถสังเกตการณ์ได้

**โครงการสำคัญและความร่วมมือด้านฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาคของสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ**

นับตั้งแต่การก่อตั้งสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556 เป็นต้นมา การพัฒนาดาราศาสตร์ยุคใหม่ของไทยเป็นไปอย่างก้าวกระโดด เป้าหมายในการดำเนินการก็คือการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านดาราศาสตร์ เช่น อุทยาดาราศาสตร์สิรินธร (Princess Sirindhorn AstroPark) กล้องโทรทรรศน์เชิงแสง (Optical Telescope) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.4 เมตร ณ จังหวัดเชียงใหม่ กล้องโทรทรรศน์ควบคุมระยะไกลของไทย (Thai Remote Control Telescope) ณ ราชอาณาจักรสเปน สาธารณรัฐประชาชนจีน สหรัฐอเมริกา และออสเตรเลีย หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติฯภูมิภาค ณ จังหวัดฉะเชิงเทรา นครราชสีมา สงขลา ขอนแก่น และพิษณุโลก และโครงการสร้างกล้องโทรทรรศน์วิทยุ (Radio Telescope) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เมตร ณ จังหวัดเชียงใหม่ เป้าหมายที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือการพัฒนากำลังคนทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยใช้ดาราศาสตร์ โดยเฉพาะการพัฒนานักวิจัยทางด้านดาราศาสตร์และสาขาที่เกี่ยวข้อง การพัฒนากำลังคนทางเทคโนโลยีชั้นสูง โดยการทำงานร่วมกับมหาวิทยาลัย สถาบันวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศ การทำงานร่วมกับมหาวิทยาลัยในการพัฒนาคุณภาพนักศึกษา

ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างกว้างขวางทั่วประเทศ นอกจากนี้สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ ยังมีข้อตกลงความร่วมมือด้านการวิจัย พัฒนาเทคโนโลยี และด้านวิชาการกับหมาวิทยาลัยและสถาบันวิจัยเป็นจำนวนมาก ทั้งในและต่างประเทศ

สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติกำหนดทิศทางการวิจัยหลักทางดาราศาสตร์และสาขาที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งการวิจัยด้านเทคโนโลยีดาราศาสตร์เพื่อพัฒนาองค์ความรู้ขั้นสูง การพัฒนาเทคโนโลยีชั้นสูง และการสร้างความสามารถในการแข่งขันของประเทศทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยใช้ดาราศาสตร์ ทิศทางการวิจัยหลักด้านหนึ่งของสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติที่ดำเนินความร่วมมือกับมหาวิทยาลัยทั้งในและต่างประเทศ สถาบันวิจัยในต่างประเทศก็คือความร่วมมือด้าน “ฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาค (Astroparticle Physics)” หรือบางครั้งเรียกว่า “ฟิสิกส์ดาราศาสตร์พลังงานสูง (High Energy Astrophysics)” ซึ่งในปัจจุบันมุ่งศึกษากลไกการแผ่รังสีแกมมาและนิวตริโนที่ปลดปล่อยออกมาจากวัตถุท้องฟ้าไกลโพ้น เช่น นิวเคลียสของกาแลกซีกัมมันต์ ควาซาร์ บลาซา เป็นต้น โดยมีความร่วมมือในการวิจัยเกี่ยวกับรังสีแกมมากับสถาบันเดซี (DESY) ประเทศสาธารณรัฐเยอรมนีด้าน ฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาคและโครงการเครือข่ายความร่วมมือกล้องโทรทรรศน์เชอเรนคอฟ (Cherenkov Telescope Consortium, CTA) และความร่วมมือกับสถาบันฟิสิกส์พลังงานสูง (Institute of High Energy Physics, IHEP) ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนในโครงการหอสังเกตการณ์นิวตริโนใต้ดินแห่งเจียงเหมิน (Jiangmen Underground Neutrino Observatory, JUNO) ในการวิจัยด้านนิวตริโนจากอวกาศ โดยมีรายละเอียดดังนี้

- **โครงการความร่วมมือกับสถาบันเดซี (DESY) ประเทศสาธารณรัฐเยอรมนี ด้าน ฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาคและโครงการเครือข่ายความร่วมมือกล้องโทรทรรศน์เชอเรนคอฟ (Cherenkov Telescope Consortium, CTA)**

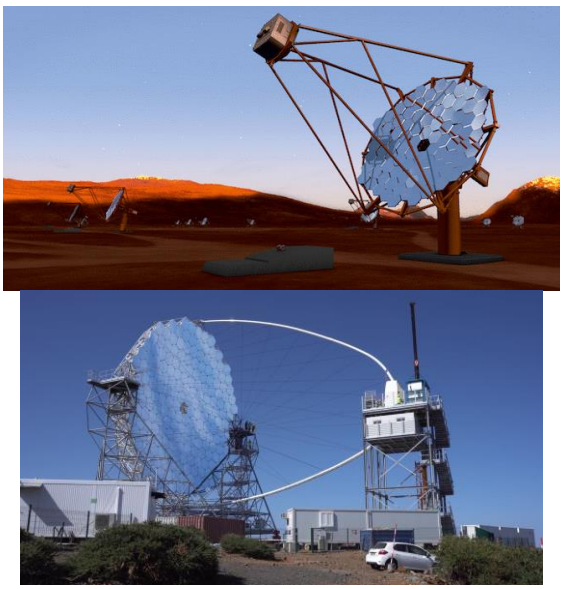
เป้าหมายของการใช้หมู่กล้องโทรทรรศน์เชอเรนคอฟ ก็คือการสังเกตการณ์รังสีแกมมา (Gamma Ray) ที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากกลไกภายในของวัตถุท้องฟ้า เช่น นิวเคลียสของกาแลกซีกัมมันต์ ควาเนภายในวัตถุท้องฟ้าที่ปลดปล่อยพลังงานสูงเช่นนี้ออกมา

รังสีแกมมาพลังงานสูงในอวกาศนั้น ไม่สามารถแผ่ถึงพื้นผิวโลกตกลงสู่กล้องโทรทรรศน์ได้โดยตรง แต่รังสีแกมมาเหล่านั้นจะมากระทบกับบรรยากาศโลก และทำปฏิกิริยากับบรรยากาศโลกปลดปล่อยธารของอนุภาคระดับเล็กกว่าอะตอม (Subatomic Particles) ที่มีพลังงานสูงมากอย่างยิ่ง (Ultra-high Energy) ออกมา อนุภาคเหล่านี้สามารถเคลื่อนที่เร็วกว่าอัตราเร็วแสงในบรรยากาศโลก (อัตราเร็วของแสงในบรรยากาศโลกจะช้ากว่าอัตราเร็วแสงในสุญญากาศประมาณ 0.03 เปอร์เซนต์) แล้วปล่อยแสงวาบสีน้ำเงิน (Blue Flash) ออกมา เรียกแสงวาบสีน้ำเงินเหล่านี่ว่า

“แสงเชอเรนคอฟ (Cherenkov Light)” ซึ่งสามารถวัดสัญญาณจากแสงเชอเรนคอฟได้โดยกล้องโทรทรรศน์เชอเรนคอฟ (แสงเชอเรนคอฟค้นพบโดยนักฟิสิกส์ ชื่อ Pavel Cherenkov ในปี ค.ศ. 1934)

หมู่กล้องโทรทรรศน์เชอเรนคอฟจะเป็นหมู่กล้องโทรทรรศน์ภาคพื้นดินที่เปิดกว้างให้ผู้ทำวิจัยด้านฟิสิกส์ดาราศาสตร์และอนุภาคฟิสิกส์จากทั่วโลกสามารถเข้าถึงได้ หมู่กล้องโทรทรรศน์เชอเรนคอฟจะถูกพัฒนาโดยเทคโนโลยีขั้นสูงเหนือกว่ากล้องโทรทรรศน์เชอเรนคอฟที่มีอยู่แล้วในปัจจุบัน เช่น เวอริแทส (Veritas) เฮส (H.E.S.S.) หรือ แมจิก (MAGIC) โดยจะสามารถค้นหาวัตถุที่แผ่รังสีแกมมาในอวกาศใหม่ ๆ ได้มากกว่า 1,000 วัตถุ

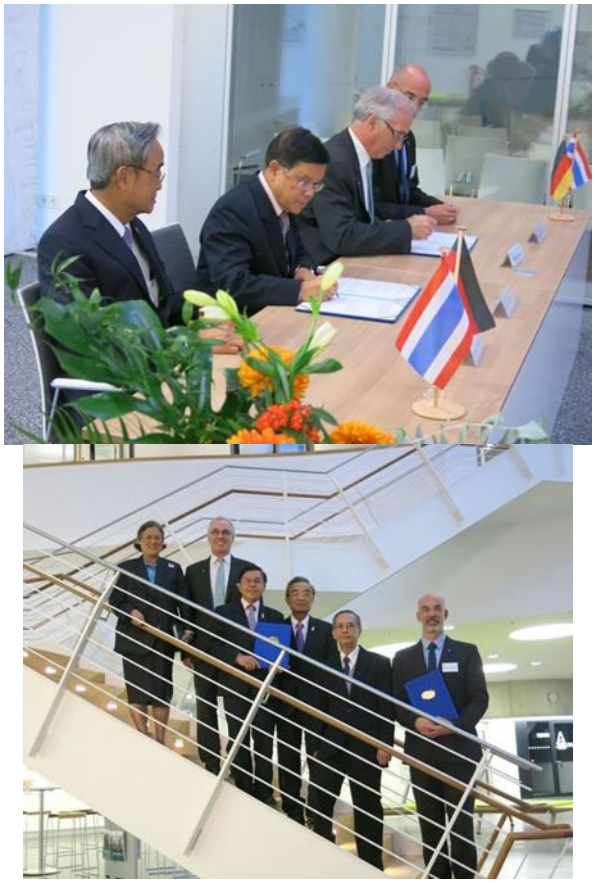
กล้องโทรทรรศน์เชอเรนคอฟ เป็นกล้องโทรทรรศน์ที่รับสัญญาณจากแสงเชอเรนคอฟได้ เป็นกล้องโทรทรรศน์ที่มีลักษณะคล้ายกล้องโทรทรรศน์วิทยุ แต่ผิวรับแสงบนจานโค้งประกอบด้วยกระจกหลายสิบบานที่จะสะท้อนแสงสีน้ำเงินของเชอเรนคอฟสู่จุดรวมแสงเพื่อแปลงและประมวลสัญญาณต่อไป ทำให้สามารถวิเคราะห์พลังงานของรังสีแกมมาที่ปลดปล่อยจากวัตถุอวกาศได้ในช่วงพลังงานระหว่าง 20 GeV ถึง 300 TeV



**รูปที่ 3** กล้องโทรทรรศเชอเรนคอฟ (Cherenkov Telescope) และ LST1 ที่เกาะลาปาลมา (ภาพจากสถาบันเดซี และ https://www.eurekalert.org/pub_releases/2018-10/cta-tft100518.php)

กล้องโทรทรรศน์เชอเรนคอฟเมื่อใช้ร่วมกันหลาย ๆ กล้องก็จะทำให้การวัดรังสีเชอเรนคอฟมีความไว (Sensitivity) สูงมาก ดังนั้นองค์กรกว่า 200 องค์กรที่ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับฟิสิกส์ดาราศาสตร์พลังงานสูงจาก 31 ประเทศทั่วโลก (รวมทั้งประเทศไทย) จึงร่วมกันจัดตั้งเครือข่ายหมู่กล้องโทรทรรศน์เชอเรนคอฟ (Cherenkov Telescope Array Consortium) ขึ้นเพื่อร่วมกันหารือกำหนดเป้าหมายของการวิจัย (Science Goals) ด้านฟิสิกส์ดาราศาสตร์พลังงานสูง ร่วมกันออกแบบและสร้างหมู่กล้องโทรทรรศน์เชอเรนคอฟ รวมทั้งการร่วมลงทุนในการพัฒนาหมู่กล้องโทรทรรศน์เชอเรนคอฟขึ้นมา หมู่กล้องเชอเรนคอฟจะประกอบด้วยกล้องโทรทรรศน์เชอเรนคอฟขนาดใหญ่ (LST) ขนาดกลาง (MST) และขนาดเล็ก (SST) จำนวนรวมกันกว่า 100 กล้อง กำหนดที่ตั้งไว้ 2 แห่งก็คือ หอดูดาว Roque de los Muchachos ที่เกาะลาปาลมา (La Palma) ของราชอาณาจักรสเปน และหอดูดาว เซร์โร ปารานัล (Cerro Paranal) ในทะเลทรายอะทาคามา (Atacama Desert) ประเทศสาธารณรัฐชิลี ซึ่งเมื่อวันที่ 10 ตุลาคม พ.ศ. 2561 ที่ผ่านมานี้ ได้มีพิธีเปิดกล้องโทรทรรศน์เชอเรนคอฟขนาดใหญ่ซึ่งเป็นกล้องแรกในโครงการเครือข่ายหมู่กล้องโทรทรรศน์เชอเรนคอฟแล้ว เรียกชื่อว่า “LST1” ที่หอดูดาวเกาะลาปาลมา ราชอาณาจักรสเปน คาดว่าจะเริ่มทดลองใช้เครือข่ายหมู่กล้องเชอเรนคอฟได้ในปี พ.ศ. 2565 และโครงการจะแล้วเสร็จและสามารถดำเนินการได้เต็มรูปแบบในปี พ.ศ. 2568

สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) (สดร.) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ผนึกกำลังความร่วมมือด้านฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาค (Astroparticle Physics) กับสถาบันเดซี สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี (DESY: Deutsches Elektronen-Synchrotron) เพื่อพัฒนาฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาคในไทย ได้รับพระมหากรุณาธิคุณจากสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี เสด็จพระราชดำเนินทรงเป็นสักขีพยานการลงนามบันทึกความร่วมมือดังกล่าว เมื่อวันที่ 18 พฤศจิกายน 2558 ณ เมืองฮัมบูร์ก สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี ซึ่งโครงการวิจัยและพัฒนาด้านฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาคนี้ เป็นโครงการในพระราชดำริของสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาสยามบรมราชกุมารีให้ สดร. พัฒนางานวิจัยและพัฒนา และการผลิตกำลังคนทางด้านฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาค อาทิ ส่งเสริมให้นิสิต นักศึกษาและนักวิจัยได้เข้าร่วมฝึกอบรมฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาค สนับสนุนทุนการศึกษาในระดับปริญญาโท-ปริญญาเอก รวมถึงการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน ได้แก่ ความร่วมมือในการสร้างกล้องโทรทรรศน์เชิงแสงควบคุมระยะไกล นอกจากนี้ ยังมุ่งเน้นให้เกิดความร่วมมือด้านการวิจัย อาทิ การวิจัยแหล่งกำเนิดรังสีแกมมาพลังงานสูง การระเบิดรังสีแกมมา ซูเปอร์โนวา พัลซาร์ แหล่งกำเนิดรังสีคอสมิกอื่นๆ สสารมืด และเอกภพวิทยา โดยสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติกับสถาบันเดซีจะร่วมมือทางด้านการศึกษาอนุภาคพลังงานสูงได้แก่ รังสีแกมมา (Gamma Ray)



**รูปที่ 4** การลงนามความร่วมมือด้านฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาค
ระหว่าง สดร. กับ สถาบันเดซี
(ภาพจากสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ)

ในการเข้าร่วมเป็นสมาชิกของเครือข่ายหมู่กล้องโทรทรรศน์เชอเรนคอฟ สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติส่งวิศวกรของสถาบันฯไปร่วมพัฒนาซอฟแวร์ Array Control and Data Acquisition Work Package ณ สถาบันเดซี ปี พ.ศ. ๒๕๖๐ นอกจากนี้สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติยังเสนอที่จะพัฒนาเครื่องเคลือบกระจก (Mirror Coating System) ระบบสปัตเตอริง (Sputtering) เพื่อเคลือบกระจกของหมู่กล้องเชอเรนคอฟที่กำลังสร้าง ซึ่งจะประกอบด้วยกล้องโทรทรรศน์เชอเรนคอฟจำนวน ๙๙ กล้องโดยจะติดตั้งที่หอดูดาวเซร์โร ปารานาล (Cerro Paranal) ราชอาณาจักร และที่หอดูดาว Roque de los Muchachos ที่เกาะลาปาลมา (La Palma) ของราชอาณาจักรสเปนซึ่งกล้องโทรทรรศน์เชอเรนคอฟแต่ละตัวจะประกอบด้วยกระจกจำนวนหลายสิบบาน

สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ ยังได้ตั้งกลุ่มนักวิจัยของสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติและอาจารย์ในมหาวิทยาลัยที่มีความเชี่ยวชาญ ความรู้และประสบการณ์ด้านฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาค เตรียมโครงการความร่วมมือในการวิจัยในด้านนี้ โดยเฉพาะด้านสสารมืดและเอกภพวิทยา

- **โครงการหอสังเกตการณ์นิวตริโนใต้ดินแห่งเจียงเหมิน (Jiangmen Underground Neutrino Observatory, JUNO)**

ดาราศาสตร์นิวตริโน (Neutrino Astronomy) เป็นวิชาดาราศาสตร์แขนงหนึ่งที่สังเกตการณ์และศึกษาวัตถุท้องฟ้าด้วยเครื่องวัดนิวตริโน (Neutrino Detector) นิวตริโนเป็นอนุภาคมูลฐานที่เกิดจากการสลายตัวของกัมมันตรังสีหรือปฏิกิริยานิวเคลียร์ทั้งในเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู หรือในดวงอาทิตย์ หรือจากวัตถุท้องฟ้าที่อยู่ไกลออกไปเช่น ซูเปอร์โนวา การระเบิดของรังสีแกมมา (Gamma Ray Burst) นิวเคลียสของกาแลกซีกัมมันต์ ควาซาร์ บลาซา เป็นต้น วัตถุท้องฟ้าเหล่านี้สามารถปลดปล่อยอนุภาคและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าพลังงานสูงเช่น อนุภาคนิวตริโน รังสีเอ็กซ์ รังสีแกมมาออกมา นักดาราศาสตร์จึงสามารถใช้กล้องโทรทรรศน์แบบต่างๆทั้งทางภาคพื้นดินและในอวกาศศึกษาอนุภาคและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าพลังงานสูงเหล่านี้ทำให้เข้าใจกลไกของวัตถุท้องฟ้าต่างๆที่ปลดปล่อยอนุภาคและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเหล่านี้ออกมา

สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี เสด็จพระราชดำเนินทรงเป็นสักขีพยานในพิธี ลงนามความร่วมมือทางดาราศาสตร์ ระหว่างสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย แห่งราชอาณาจักรไทย กับสถาบันฟิสิกส์พลังงานสูง แห่งสาธารณรัฐประชาชนจีน การเสด็จพระราชดำเนินฯ ครั้งนี้มีส่วนสำคัญอย่างยิ่งที่ผลักดันให้มิตรภาพไทย–จีนในหลาย ๆ ด้านมีความเป็นปึกแผ่น มั่นคง โดยเฉพาะอย่างยิ่งความก้าวหน้าด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งที่ทำให้ประเทศไทยมีโอกาสเข้าร่วมโครงการวิทยาศาสตร์ใหญ่ ๆ ระดับโลกหลายโครงการ

เมื่อวันที่ 13-17 กุมภาพันธ์ 2560 สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติได้รับความเห็นชอบจากที่ประชุม JUNO Collaborative Meeting ที่เมือง Zhuhai ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน ให้เป็นสมาชิก (Full Member) และเข้าร่วมโครงการหอสังเกตการณ์นิวตริโนที่เมืองเจียงเหมิน หรือ โครงการจูโน (Jiangmen Underground Neutrino Observatory, JUNO) โครงการนี้มีมหาวิทยาลัยในประเทศไทยเข้าร่วมก่อนหน้านี้ 2 แห่งได้แก่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทำให้สมาชิกในระดับนานาชาติมีทั้งสิ้น 72 สถาบันใน 17 ประเทศ

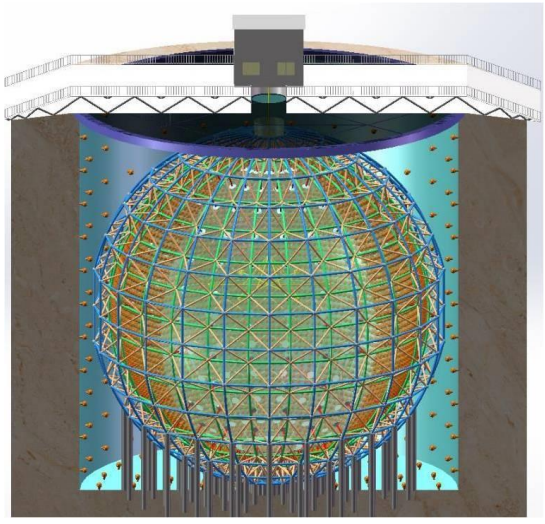
พิธีลงนามความร่วมมือทางวิชาการระหว่างมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) กับ สถาบันฟิสิกส์พลังงานสูง สาธารณรัฐประชาชนจีน จัดขึ้นเมื่อวันที่ 7 เมษายน 2560 ณ สถาบันฟิสิกส์พลังงานสูง กรุงปักกิ่ง สาธารณรัฐประชาชนจีน ความร่วมมือทางวิชาการครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาศักยภาพงานวิจัยด้านฟิสิกส์พลังงานสูง และฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาค มุ่งเน้นให้เกิดความร่วมมือด้านการวิจัย พัฒนาศักยภาพของบุคลากรไทย รวมถึงการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองทางฟิสิกส์พลังงานสูง

ต่อมา สดร. ได้สร้างเครือข่ายฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาคกับ 2 มหาวิทยาลัยในประเทศไทย ได้แก่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีและจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เรียกว่า “เครือข่ายความร่วมมือจูโนไทย (Thai JUNO Consortium)” โดยมีเป้าหมายเพื่อร่วมพัฒนาโครงการจูโนดังกล่าว ซึ่งในการหารือความร่วมมือกับเครือข่ายโครงการจูโนในระดับนานาชาติในสาระของความร่วมมือของไทย มีข้อสรุปว่าฝ่ายไทยจะเป็นผู้รับผิดชอบในการจัดสร้างระบบขดลวดป้องกันสนามแม่เหล็กโลก (Earth Magnetic Field (EMF) Shielding Coil) โดยจะเป็นผู้คำนวณรูปแบบและลงทุนในการสร้างขดลวดป้องกันสนามแม่เหล็กโลกดังกล่าว นอกจากนี้ประเทศไทยยังจะส่งนักวิจัยและนักศึกษาไปช่วยทดสอบหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ (Photomultiplier Tube) ซึ่งมีจำนวนหลายหมื่นหลอดโดยเฉลี่ยการทดสอบหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์กับสถาบันความร่วมมือต่างๆ เพื่อยืนยันว่าหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ดังกล่าวอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้อย่างสมบูรณ์ก่อนนำไปประกอบเป็นหอสังเกตการณ์นิวตริโน



**รูปที่ 5** พิธีลงนามความร่วมมือระหว่างสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กับ สถาบันฟิสิกส์พลังงานสูงของจีน (ภาพจากสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ)

ในปัจจุบันหอสังเกตการณ์นิวตริโนที่เมืองเจียงเหมินได้เริ่มขึ้นแล้ว โดยหอสังเกตการณ์ดังกล่าวจะก่อสร้างอยู่ใต้ดินโดยการขุดอุโมงค์ลึก 563 เมตร เป็นทางลาดชันยาวถึง 1,265 เมตร ในการศึกษาอนุภาคพลังงานสูงจากอวกาศอีกอนุภาคหนึ่ง ได้แก่ นิวตริโน (Neutrino) โดยเสนอเข้าร่วมโครงการ JUNO (Jiangmen Underground Neutrinos Observatory) ซึ่งเป็นโครงการขนาดใหญ่ของประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน ที่จะสร้างเครื่องวัดอนุภาคนิวตริโน ซึ่งนิวตริโนเป็นอนุภาคพลังงานสูงที่มีความสำคัญ แผ่ออกมาจากดวงอาทิตย์ จากกาแลกซีอื่นๆ แต่วัดได้ยากมาก จึงต้องให้เครื่องมือนี้อยู่ในอุโมงค์ใต้ดินขนาดใหญ่ เพื่อป้องกันไม่ให้ได้รับการรบกวนจากอนุภาคหรือพลังงานจากแหล่งอื่น โครงการที่ สดร.ร่วมกับ มทส. และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในโครงการจูโนนี้ คือ การสร้างโครงขดลวดป้องกัน (EMF Shielding Coil) เพื่อป้องกันผลของสนามแม่เหล็กโลกที่จะมารบกวนการวัดอนุภาคนิวตริโน



**รูปที่ 6** การออกแบบเครื่องวัดนิวตริโนที่ ณ หอสังเกตการณ์นิวตริโน เมืองเจียงเหมิน (ภาพจาก Juno Collaborative Consortium)

ภายในขดลวดป้องกันสนามแม่เหล็กโลก มีเครื่องบันทึกสัญญาณหลัก (Main Detector) เป็นแก้วอะคริลิคทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35.4 เมตร บรรจุสารจุดปฏิกิริยาเหลว (Liquid Scintillator) ปริมาตร 20,000 ตัน ล้อมรอบด้วยโครงเหล็กสเตนเลส (Stainless Steel) ที่ใช้สำหรับติดตั้งหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์จำนวน 53,000 หลอด ซึ่งเป็นหลอดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 นิ้วจำนวน 17,000 หลอดและหลอดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้วอีกจำนวน 36,000 หลอด แทรกอยู่

ระหว่างหลอดใหญ่ โดยอุปกรณ์ทั้งหมดวางจมอยู่ในสระน้ำ (Water Pool) ขนาดใหญ่ที่ติดตั้งหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์อยู่ด้านนอกเป็น “ตัวป้องกันมิวออน (Muon Veto)” จากภายนอกอีกจำนวน 2,000 หลอด คาดว่าการก่อสร้างหอสังเกตการณ์ นิวตริโนใต้ดินแห่งเจียงเหมินจะแล้วเสร็จและเริ่มตรวจจับอนุภาคนิวตริโนได้ในปี พ.ศ. 2566

**อนาคตของการวิจัยด้านฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาคของประเทศไทย**

ความร่วมมือด้านฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาคของประเทศไทยกับสถาบันเดซี ประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี และ สถาบันฟิสิกส์พลังงานสูง ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนถือได้ว่า ในปัจจุบันประเทศไทยได้เข้าร่วมในโครงการระดับโลกด้านดาราศาสตร์และฟิสิกส์พลังงานสูงอย่างเต็มรูปแบบแล้ว

ด้านการวิจัย สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติร่วมมือกับมหาวิทยาลัยหลายแห่งในประเทศไทย อาทิ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร มหาวิทยาลัยขอนแก่น เป็นต้น เพื่อวางทิศทางวิจัยด้านฟิสิกส์ดาราศาสตร์อนุภาค เช่น การศึกษานิวเคลียสของกาแลกซีกัมมันต์ ซูเปอร์โนวา สสารมืด เป็นต้น รวมทั้งการวิจัยในเชิงทฤษฎีในการสร้างแบบจำลอง (Modelling and Simulation) รวมทั้งแนวทางการศึกษาวัตถุท้องฟ้าที่ปลดปล่อยอนุภาคและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าพลังงานสูงในช่วงความยาวคลื่นอื่น โดยการสังเกตการณ์ดาราศาสตร์แบบพหุ (Multi-Messenger Observations) ไม่ว่าจะเป็นการศึกษาการปลดปล่อยพลังงานในช่วงรังสีเอ็กซ์ (X-ray) รังสีอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet) ซึ่งอาจต้องใช้ข้อมูลจากกล้องโทรทรรศน์อวกาศ การแปรแสงในช่วงความยาวคลื่นที่มองเห็นเพื่อค้นหาแหล่งกำเนิดอนุภาคและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าพลังงานสูงทั้งการสังเกตการณ์ก่อนการปลดปล่อยอนุภาคและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าพลังงานสูง (Pre-burst Observations) ของแหล่งกำเนิดในอวกาศ รวมทั้งการติดตามสังเกตการณ์ (Follow-up Observations) โดยใช้กล้องโทรทรรศน์ ณ หอดูดาวแห่งชาติ กล้องควบคุมทางไกลอัตโนมัติในต่างประเทศ แม้กระทั่งกล้องโทรทรรศน์วิทยุขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เมตรที่กำลังก่อสร้าง ณ จังหวัดเชียงใหม่ของสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ นอกจากนี้นักวิจัย วิศวกร ช่างเทคนิค อาจารย์และนักศึกษาของประเทศไทยยังได้มีส่วนร่วมในการพัฒนาเทคโนโลยีของกล้องโทรทรรศน์เชอเรนคอฟและหอสังเกตการณ์นิวตริโนร่วมกับนักวิจัยวิศวกรในองค์กรระดับนานาชาติ เป็นการพัฒนากำลังคน (Human Resource Development) และการเพิ่มขีดความสามารถของกำลังคน (Human Capacity Building) ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศไทยทั้งด้านการพัฒนาองค์ความรู้ เทคโนโลยีวิศวกรรมขั้นสูงและเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อย่างเป็นรูปธรรม

**เอกสารอ้างอิง**

R. Oerter (2006). The Theory of Almost Everything: The Standard Model, the Unsung Triumph of Modern Physics (Kindle ed.). Penguin Group. p. 2. ISBN 0-13-236678-9.

https://en.wikipedia.org/wiki/Neutrino_astronomy

http://juno.ihep.cas.cn/