

Project Code: BRG4880016

Project Title:

Magnetic Turbulence and Associated Processes Affecting Energetic Particles in Space

Principal Investigator: Prof. Dr. David Ruffolo, Dept. of Physics, Faculty of Science, Mahidol University

E-mail address: scdjr@mahidol.ac.th

Project Period: July 28, 2005 – July 27, 2008

The overall goals of this project were four-fold: 1) to perform simulations of magnetic turbulence to investigate the topology of magnetic field lines and the orbits of energetic particles, 2) to use models of particle transport in turbulent magnetic fields to analyze data on solar energetic particles, 3) to work toward long-term monitoring of galactic cosmic rays at vertical cutoff rigidity 17 GV, including the establishment of the Princess Sirindhorn Neutron Monitor, analysis techniques, and theoretical studies of galactic cosmic ray anisotropy, and 4) to provide Thai-language information on energetic particles in space, and space physics in general, to the community at large.

We have worked on 28 lines of research and trained/involved 30 local participants. Some highlights:

- Discovered that the standard Kubo number does not properly separate regimes of diffusion in stretched isotropic turbulence.
- Exploration of the general properties of power spectra of 2D turbulence and the ultrascale.
- Interpretation of the “field line random walk” formula for the perpendicular transport of cosmic rays.
- Explored particle diffusion in non-axisymmetric 2D+slab turbulence and tested competing theories.
- Concept of local trapping boundaries within which turbulent field lines are temporarily trapped, along with a mathematical prescription to find these.
- Theoretical explanation of the scaling of the field line trapping distance.
- Computational demonstration of trapping of particle orbits due to the topology of 2D magnetic turbulence, in a Cartesian geometry.
- Explanation of solar moss (bright and dark structure) in terms of the random walk of magnetic field lines connected to localized heating sources.
- Collected statistics on magnetic field-shock crossings, with evidence for universal behaviors.
- Explanation of the largest relativistic solar particle event in 50 years, on January 20, 2005, in terms of nonlinear particle transport and/or a magnetic bottleneck beyond Earth.
- Explanation of the December 13, 2006 ground level enhancement of relativistic solar particles in terms of a magnetic bottleneck beyond Earth.
- First systematic investigation of particle anisotropy traveling inside closed interplanetary magnetic loops.
- Completed construction of a building and installed 43 tons of lead, polyethylene, and neutron detection equipment for the Princess Sirindhorn Neutron Monitor (PSNM) at the summit of Doi Inthanon, which has been collecting data on galactic cosmic rays since August, 2007.
- Observed effects of high speed solar wind streams on the cosmic ray flux from space.
- Developed a local capability to perform realistic Monte Carlo simulations of particle interactions in a neutron monitor.
- New model of an interplanetary flux rope; drift orbits of energetic particles in an interplanetary flux rope.

- Successful dissemination of space weather knowledge: Website ranked highly in Thailand for physics/astronomy; involving high-school students in space science measurements; invited lectures; newspaper, radio, and TV interviews.

Output of the project includes 6 articles in leading international journals (4 published, 1 in press, 1 submitted), 28 international conference presentations, 4 completed theses (1 Ph.D., 3 M.Sc.), and 5 completed B.Sc. senior projects.

Keywords: Cosmic rays, space physics, astrophysics, computer simulations, turbulence

รหัสโครงการ: BRG4880016

ชื่อโครงการ:

สนามแม่เหล็กปั่นป่วนและกระบวนการที่เกี่ยวข้องที่ส่งผลกระทบต่ออนุภาคพลังงานสูงในอวกาศ

ชื่อนักวิจัยหลัก: ศ.ดร.เดวิด รูฟโฟโล ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

E-mail address: scdjr@mahidol.ac.th

ระยะเวลาโครงการ: 28 กรกฎาคม 2548 – 27 กรกฎาคม 2551

วัตถุประสงค์ของโครงการนี้มี 4 ข้อ: 1) เพื่อจำลองสนามแม่เหล็กปั่นป่วนและศึกษาสัณฐานวิทยาของเส้นสนามแม่เหล็กและเส้นทางของอนุภาค 2) เพื่อนำแบบจำลองของการขนส่งของอนุภาคในสนามแม่เหล็กปั่นป่วนมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลอนุภาคพลังงานสูงจากดวงอาทิตย์ 3) เพื่อพัฒนาสู่การตรวจวัดระยะยาวของรังสีคอสมิกจากกาแล็กซี ณ รัศมีที่คัทออฟในแนวตั้งประมาณ 17 GV รวมทั้งการติดตั้งสถานีตรวจวัดนิวตรอนสรีนธ วิธีวิเคราะห์ข้อมูล และการศึกษาทางทฤษฎีของแอนไอโซทรอปีในรังสีคอสมิกจากกาแล็กซี และ 4) เพื่อเผยแพร่ข้อมูลเกี่ยวกับอนุภาคพลังงานสูงในอวกาศและฟิสิกส์อวกาศโดยทั่วไปสู่สังคมโดยทั่วไป

เราได้ทำโครงการย่อยจำนวน 28 เรื่อง และฝึกคนในประเทศไทยหรือให้มีส่วนร่วมในงานวิจัยจำนวน 30 คน โดยมีผลงานวิจัยสำคัญดังต่อไปนี้

- ค้นพบว่าเลขคูโบปกติแยกไม่ถูกต้องระหว่างการฟุ้งประเภทต่างๆ ในการปั่นป่วนไอโซทรอปีกที่ียด
- สํารวจคุณสมบัติทั่วไปของ power spectra ของการปั่นป่วนแบบ 2D และอัลตราสเกล
- การตีความสูตร “การเดินสุ่มของเส้นสนามแม่เหล็ก” สำหรับการขนส่งในทิศตั้งฉากของรังสีคอสมิก
- สํารวจการฟุ้งของอนุภาคในความปั่นป่วนแบบ 2D+slab ที่ไม่สมมาตรรอบแกนและทดสอบทฤษฎีต่างๆ
- นิยามขอบเขตการกักตัวในท้องถิ่น ซึ่งกักเส้นสนามแม่เหล็กได้ชั่วคราว พร้อมวิธีการทางคณิตศาสตร์ที่จะหาขอบเขตเหล่านี้
- คำอธิบายทางทฤษฎีสำหรับการสเกลของระยะการกักเส้นสนามแม่เหล็ก
- ใช้การจำลองด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อพิสูจน์ว่าเส้นทางอนุภาคถูกกักตัวเนื่องจากสัณฐานวิทยาของสนามแม่เหล็กปั่นป่วนแบบ 2D ในเรขาคณิตแบบคาร์ทีเซียน
- อธิบายมอสที่ดวงอาทิตย์ (โครงสร้างสว่างและมืด) ในเทอมของการเดินสุ่มของเส้นสนามแม่เหล็กที่เชื่อมกับแหล่งความร้อนที่โลดคลั่ง
- รวบรวมสถิติของการตัดกันระหว่างเส้นสนามแม่เหล็กกับคลื่นกระแทก โดยพบพฤติกรรมแบบยูนิเวอร์ซัล
- อธิบายเหตุการณ์ที่มีอนุภาคเรลาทีวิสติกจากดวงอาทิตย์จำนวนมากที่สุดใน 50 ปีที่ผ่านมา เมื่อวันที่ 20 มกราคม 2548 ในเทอมของการขนส่งอนุภาคแบบนอนลิเนียร์ และ/หรือ คอขวดแม่เหล็ก
- อธิบายเหตุการณ์ระดับพื้นดินของอนุภาคเรลาทีวิสติกจากดวงอาทิตย์เมื่อวันที่ 13 ธันวาคม 2549 ในเทอมของคอขวดแม่เหล็ก
- การศึกษาแบบซิสเต็มแมทริกครั้งแรกเกี่ยวกับแอนไอโซทรอปีภายในวงสนามแม่เหล็กปิดระหว่างดาวเคราะห์
- สำเร็จในการสร้างอาคาร และติดตั้งตะกั่ว พอลิเอธิลีน และหลอดวัดนิวตรอนจำนวน 43 ต้น สำหรับสถานีตรวจวัดนิวตรอนสรีนธ (PSNM) ณ ยอดดอยอินทนนท์ ซึ่งเก็บข้อมูลเกี่ยวกับรังสีคอสมิกจากกาแล็กซีตั้งแต่สิงหาคม 2550
- สังเกตผลกระทบของลำความเร็วสูงในลมสุริยะต่อจำนวนรังสีคอสมิกจากอวกาศ
- พัฒนาความสามารถในการจำลองอันตรกิริยาของอนุภาคภายในเครื่องตรวจวัดนิวตรอนให้เหมือนจริงด้วยวิธีมอนติคาร์โล
- สร้างแบบจำลองใหม่สำหรับเชือกฟลักซ์แม่เหล็กระหว่างดาวเคราะห์ รวมทั้งเส้นทางการลอยเลื่อนของอนุภาค

- สำเร็จในการเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับสภาพอวกาศ โดยเว็บไซต์ติดอันดับสูงในประเทศไทยในหมวดฟิสิกส์และดาราศาสตร์ การให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการวัดข้อมูลทางวิทยาศาสตร์อวกาศ การบรรยายรับเชิญ และการสัมภาษณ์สำหรับหนังสือพิมพ์ วิทยุ และโทรทัศน์

ผลงานจากโครงการนี้ รวมถึงบทความในวารสารนานาชาติชั้นนำ 6 เรื่อง (ตีพิมพ์แล้ว 4 เรื่อง ยอมรับการตีพิมพ์ 1 เรื่อง และส่งถึงวารสารแล้วอีก 1 เรื่อง) การเสนอที่ประชุมนานาชาติ 28 เรื่อง วิทยานิพนธ์ 4 เรื่อง (ป.เอก 1 และ ป.โท 3) และโครงการปีที่สี่ (ป.ตรี) 5 เรื่อง

คำหลัก: รังสีคอสมิก, ฟิสิกส์อวกาศ, ดาราศาสตร์, การจำลองด้วยคอมพิวเตอร์, ความปั่นป่วน