Magnetic field line separation by random ballistic decorrelation in transverse magnetic turbulence

การแยกตัวของสนามแม่เหล็กโดยดีคอร์ริเลชันบอลลิสติกสุ่มในความปั่นป่วนแม่เหล็กแบบขวาง

(C. Yannawa, P. Pongkitiwanichakul*, **D. Ruffolo,** P. Chuychai, and W. Sonsrettee, Mon. Not. R. Astron. Soc., 522, 5098-5106)

We present theoretical results on the separation between magnetic field lines in space. This is of interest because charged particles must gyrate around magnetic field lines, which therefore dictate the motion of such particles, including components of space plasmas and high energy particles from solar storms, which in turn can affect mankind's space technology. The challenge is that magnetic field lines in space are turbulent, with a special type of randomness, so we must find a statistical answer for the rate of separation between initially neighboring field lines, which underlies the diffusion of a group of particles following these field lines.

เราเสนอผลงานทางทฤษฎี เกี่ยวกับการแยกตัวระหว่างเส้นสนามแม่เหล็กปั่นป่วนในอวกาศ ซึ่งเป็นที่สนใจ เพราะอนุภาคมีประจุต้องเกลียวรอบเส้นสนามแม่เหล็ก เส้นเหล่านี้จึงกำกับการเคลื่อนที่ของอนุภาคมีประจุทั้งหลาย แม้ว่าจะเป็นองค์ประกอบของพลาสมาในอวกาศ หรืออนุภาคพลังงานสูงจากพายุสุริยะ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่ออุตสาหกรรมอวกาศของมนุษย์ ที่ท้าทายในการนี้คือ สนามแม่เหล็กในอวกาศมีลักษณะความปั่นป่วน (turbulent) ซึ่งเป็นลักษณะที่สุ่มประเภทหนึ่ง จึงต้องหาคำตอบทางสถิติเกี่ยวกับอัตราการแยกตัวของเส้นสนามที่เริ่มต้นใกล้ ๆ กัน ซึ่งกำหนดการฟุ้งกระจายของกลุ่มอนุภาคที่ตามเส้นเหล่านี้อยู่

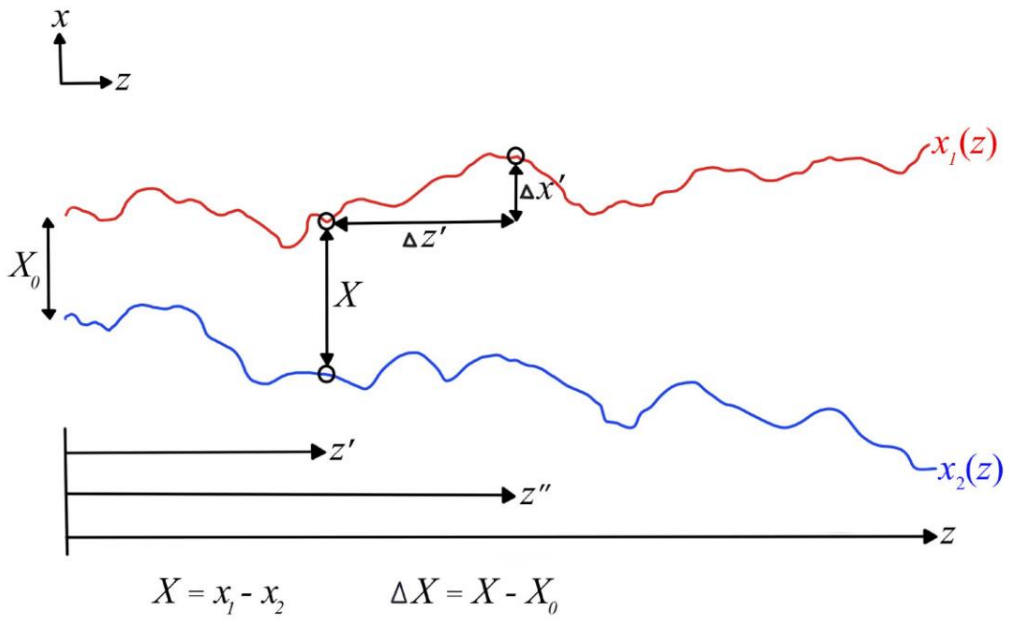

Figure 1. Illustration of separation of two nearby magnetic field lines in the x–z plane where z-axis is along the mean field and x-axis is along the initial displacement, which has magnitude X_0. After the change in z indicated by $\Delta z' = z'' - z'$, the change in $\boldsymbol{x}$ of a single field line is $\boldsymbol{\Delta x'}$. The displacement between the two field lines is indicated by $\boldsymbol{X = x_1 - x_2}$ and the separation is $\boldsymbol{\Delta X = X - X_0}$. In this work, we calculate $\langle \Delta X^2 \rangle$ and $\langle \Delta Y^2 \rangle$ as functions of z.