Abstract (บทคัดย่อ)

Project Code : MRG5180225
(รหัสโครงการ)

Project Title : การศึกษาจักรวาลวิทยาโดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองจากทฤษฎีสตริง
(ชื่อโครงการ)

Investigator : ดร.อรรถกฤต ฉัตรภูติ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
(ชื่อนักวิจัย)

E-mail Address : dma3ac2@gmail.com

Project Period : 2 ปี (ตั้งแต่วันที่ 15 พฤษภาคม พ.ศ. 2551 ถึง 14 พฤษภาคม พ.ศ. 2553)
(ระยะเวลาโครงการ)

โครงการวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายในการศึกษาเสถียรภาพของมิติพิเศษ หรือ Extra-dimension ซึ่งม้วนตัวอยู่ และ วิเคราะห์ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของมิติพิเศษเหล่านี้กับการขยายตัวด้วยความเร่งของเอกภพ โดยในแบบจำลองที่ได้ทำการศึกษานั้นการขยายตัวด้วยความเร่งเกิดขึ้นอย่างเป็นธรรมชาติเมื่อขนาดมิติพิเศษมีเสถียรภาพแล้ว และ Casimir energy ของสนามในมิติพิเศษจะทำหน้าที่เป็นค่าคงที่จักรวาลในเอกภพ 4 มิติของเรา

ผู้วิจัยทำการปรับปรุงกลไกการสร้างเสถียรภาพของมิติพิเศษใน แบบจำลองก่อนหน้านี้ โดยการพิจารณาบทบาทของสนามเวกเตอร์ที่มีขนาดคงที่หรือที่เรียกว่า aether field ซึ่งมีทิศทางอยู่ในมิติพิเศษ ผู้ทำการวิจัยได้ค้นพบว่า aether field มีผลทำให้อิทธิพลของ gradient ของศักย์ยังผลรวมมีค่าน้อยลง ซึ่งจะช่วยให้มิติพิเศษสามารถเข้าสู่เสถียรภาพได้

Keywords : Cosmology, Dark Energy, String Theory, Extra-dimension

Executive Summary

โครงการวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายในการศึกษาเสถียรภาพของมิติพิเศษ หรือ Extra-dimension ซึ่งม้วนตัวอยู่ และ วิเคราะห์ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของมิติพิเศษเหล่านี้กับการขยายตัวด้วยความเร่งของเอกภพ โดยในแบบจำลองที่ได้ทำการศึกษานั้นการขยายตัวด้วยความเร่งเกิดขึ้นอย่างเป็นธรรมชาติเมื่อขนาดมิติพิเศษมีเสถียรภาพแล้ว และ Casimir energy ของสนามในมิติพิเศษจะทำหน้าที่เป็นค่าคงที่จักรวาลในเอกภพ 4 มิติของเรา

งานวิจัยอาจแบ่งออกได้เป็นสองส่วนหลักๆ ในส่วนแรกนั้นผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงแบบจำลองของ B.R. Greene และ J. Levin โดยการพิจารณา Volume และ Shape moduli ของ extra dimension ที่มี topology เป็น Torus 2 มิติ ซึ่งในทางคณิตศาสตร์สมบัติของ space นี้สามารถอธิบายด้วย moduli fields τ_1 และ τ_2 ซึ่งทำหน้าที่อธิบายรูปทรงหรือ shape ของมิติพิเศษ โดยเราได้พบว่าค่าต่ำสุดของ Casimir energy จะอยู่ที่จุด $\tau_1 = \pm 1/2$ และ $\tau_2 = \sqrt{3}/2$ บน Moduli space และค่าต่ำสุดที่เคยเสนอไว้โดย B.R. Greene และ J. Levin ซึ่งอยู่ที่ตำแหน่ง $\tau_1 = 0$, $\tau_2 = 1$ ของ Moduli space แท้จริงแล้วเป็นเพียงจุด saddle point จากการวิเคราะห์ทางพลศาสตร์ของระบบพบว่าการรบกวนเพียงเล็กน้อยที่บริเวณจุด saddle point จะทำให้สภานะของเอกภพเคลื่อนตัวลงสู่จุดที่มีพลังงานต่ำสุด ณ ตำแหน่งค่าต่ำสุดที่ค้นพบใหม่และเข้าสู่เสถียรภาพในที่สุด สิ่งที่น่าสนใจในแบบจำลองลักษณะนี้ก็คือ ค่าคงที่จักรวาลที่ปรากฏในอวกาศ 4 มิติจะขึ้นอยู่กับรัศมีการม้วนตัวของมิติพิเศษ นอกจากนี้ยังได้ทำการคำนวณ shear viscosity ในมิติพิเศษโดยพบว่าจะมีค่าขึ้นอยู่กับ Hubble constant (หรืออัตราการขยาย) ของอวกาศ 4 มิติที่ ณ ตำแหน่งที่มิติพิเศษเริ่มมีเสถียรภาพ

สำหรับในส่วนที่สอง ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงกลไกการสร้างเสถียรภาพของมิติพิเศษในแบบจำลองก่อนหน้านี้ โดยการพิจารณาบทบาทของ การสลายสมมาตรแบบ Lorentz ในมิติพิเศษ โดยสนามเวกเตอร์ที่มีขนาดคงที่หรือที่เรียกว่า aether field ซึ่งมีทิศทางในมิติพิเศษในแบบจำลองเดิมที่เสนอขึ้นโดย B.R. Greene และ J. Levin นั้นศักย์ยังผลเนื่องจาก Casimir energy จะถูกกลบโดยอิทธิพลของสสารในเอกภพ (อันได้แก่ สสารมืด หรือ Dark matter ที่มีสมบัติเป็น non-relativistic matter) อันจะทำให้มิติพิเศษไม่สามารถเข้าสู่เสถียรภาพได้ ผู้ทำการวิจัยได้ค้นพบว่า aether field ที่มีทิศทางชี้ไปในมิติพิเศษมีผลทำให้อิทธิพลของ gradient ของศักย์ยังผลรวมมีค่าน้อยลง ซึ่งเป็นสิ่งที่ยังไม่เคยมีการค้นพบมาก่อน และ ข้อเท็จจริงนี้มีส่วนช่วยให้มิติพิเศษสามารถเข้าสู่เสถียรภาพได้ การค้นพบนี้ถือว่าเป็นสิ่งที่น่าสนใจ และอยู่นอกเหนือการคาดหมายจากแผนการเริ่มต้นของโครงการ ซึ่งจะนำไปประยุกต์ใช้กับกระบวนการอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิวัฒนาการของเอกภพได้ และซึ่งผู้วิจัยวางแผนที่มีการศึกษาค้นคว้าโดยละเอียดต่อไปในอนาคต

งานวิจัยนี้ได้ตีพิมพ์ลงในวารสาร Journal of High-Energy Physics จำนวนสองฉบับ ดังแสดงไว้ในภาคผนวก