

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ: **BRG6080003**

ชื่อโครงการ: การตรวจสอบทฤษฎีความโน้มถ่วงทางเลือก

นักวิจัย: นายบุรินทร์ กำจัดภัย

วิทยาลัยเพื่อการค้นคว้าระดับรากฐาน “สถาบันนักเรียนท่าโพธิ์ฯ”

มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail Address: buring@nu.ac.th

ระยะเวลาโครงการ: 27 เมษายน พ.ศ. 2560 ถึง 28 เมษายน พ.ศ. 2563

โครงการนี้ศึกษาแนวคิดหลายชนิดของพลังงานมืดและทฤษฎีความโน้มถ่วงทางเลือกที่ทำให้เอกภพสามารถเร่งออกได้ในปัจจุบัน โดยสำหรับแนวคิดพลังงานมืดเราได้สนใจเอกภพแบบ FLRW ที่บรรจุ quintessence ซึ่งเป็นสนามสเกลาร์แบบคาโนนิคัล และอีกแบบจำลองหนึ่งคือพลังงานสุญญากาศที่มีอันตรกิริยากับสสาร โดยจักรวาลวิทยาของสนามสเกลาร์แบบคาโนนิคัลได้รับการเขียนในรูปแบบใหม่ทางคณิตศาสตร์คือเป็นแบบสมการชโรดิงเงอร์ไม่เชิงเส้น (NLS) ที่ไม่ขึ้นกับเวลาโดยได้รวมเอาสสารอีกสองชนิดพิจารณาร่วมด้วย เจ็ดผลเฉลยและอีกหนึ่งผลเฉลยที่เราพบใหม่ได้ถูกตรวจสอบในที่นี้ เราได้เสนอว่ารูปแบบสมการชโรดิงเงอร์ไม่เชิงเส้น (NLS) ที่ไม่ขึ้นกับเวลาของจักรวาลวิทยาควรได้รับการปรับปรุงใหม่โดยใช้รูปแบบที่ขึ้นกับเวลาแบบจำลองพลังงานมืดอีกอันหนึ่งคือพลังงานสุญญากาศที่มีอันตรกิริยากับสสาร เราได้วิเคราะห์เสถียรภาพของแบบจำลองนี้โดยยอมให้มีการแลกเปลี่ยนถ่ายพลังงานระหว่างสสารและพลังงานสุญญากาศโดยใช้รูปแบบอันตรกิริยาแบบง่ายและยอมให้มีศักย์ที่เป็นบวกหรือเป็นค่าลบได้ เราได้พิจารณากรณีของไหลสองและสามชนิด เราสามารถหาจุดวิกฤติและหาเงื่อนไขเสถียรภาพทั้งหมดได้ แบบจำลองนี้สามารถมีจุดวิกฤติที่ให้การเร่งออกที่ระยะท้ายที่ให้ฝุ่นโดดเด่นก่อนหน้าภายใต้ช่วงเงื่อนไขค่าความเข้มของอันตรกิริยาระหว่างสุญญากาศและสสาร

แนวคิดทางเลือกต่างๆ นอกเหนือไปจากการใช้ทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปอันหนึ่งคือการให้มีอนุพันธ์ของสนามสเกลาร์สามารถคู่ควบได้ไม่น้อยสุดกับความโน้มถ่วง (non-minimal derivative coupling (NMDC) to gravity) โดยให้มีการตัดออกของค่าความหนาแน่นพลังงานแบบโฮโลกราฟิก ส่วนอีกแนวคิดหนึ่งที่สนใจในที่นี้คือทฤษฎีความโน้มถ่วงแบบแมสซิฟ (massive gravity) สำหรับแนวคิด NMDC เราได้พิจารณาที่ระยะทางขนาดใหญ่ระดับจักรวาลในขณะที่สำหรับทฤษฎีความโน้มถ่วงแมสซิฟเราสนใจระดับท้องถิ่นกับผลเฉลยรบกวน พจน์พลังงานจลน์ของ NMDC ที่คู่ควบอยู่กับเท็นเซอร์ไอน์สไตน์ภายใต้ศักย์แบบ

กำลังสองของสนามสเกลาร์ได้มีผลให้มีการปรับเปลี่ยนค่าคงที่ความโน้มถ่วงของทฤษฎีนี้ส่วนการมีผลของการตัดค่าพลังงานแบบไฮโลกราฟิกทำให้ความหนาแน่นพลังงานมืดแปรค่าตามเวลาได้ เมื่อเปรียบเทียบกับข้อเท็จจริงจากการสังเกตการณ์ ค่าค่าคงที่การคู่ควบที่เป็นบวกสอดคล้องกับผลการสังเกตการณ์โดยค่าคู่ควบที่เป็นลบไม่สอดคล้องกับผลการสังเกตการณ์ แบบจำลองที่มีเพียงพจน์ NMDC กับศักย์สนามสเกลาร์ให้ผลที่สอดคล้องกับการสังเกตการณ์ ในขณะที่แบบจำลองที่มีทั้งพจน์พลังงานจลน์และ NMDC ที่มีค่าคู่ควบเป็นบวกนั้นให้ผลที่สอดคล้องกับการสังเกตการณ์ภายใต้เงื่อนไขบางประการซึ่งจะให้ผลเฉลยที่สอดคล้องกับสนามที่กวัดแกว่งค่า ส่วนกรณีสนามแฟนอนที่มีพลังงานจลน์ติดลบนั้นไม่สอดคล้องกับการสังเกตการณ์ อีกทฤษฎีความโน้มถ่วงทางเลือกอีกอันหนึ่งคือความโน้มถ่วงแบบแมสสปีฟได้นำไปใช้เพื่อหวังแก้ปัญหาเสถียรภาพของรูกอนแบบมอร์ริส-ธอร์นซึ่งจำเป็นต้องใช้สสารประหลาดที่ไม่มีอยู่จริงโดยต้องมีความหนาแน่นแวนว็สกีเป็นลบในการพุงปากรูกอนเอาไว้ ผลเฉลยรูกอนมีได้ในความโน้มถ่วงแบบแมสสปีฟ เราพบว่าในความโน้มถ่วงแบบแมสสปีฟเราไม่จำเป็นต้องอาศัยสสารประหลาดในการทำให้รูกอนเปิด แต่ผลของความโน้มถ่วงแบบแมสสปีฟให้รูกอนที่มีปากรูเล็กกว่า

คำหลัก: พลังงานมืด ความโน้มถ่วงแบบขยายความ

Abstract

Project Code: **BRG6080003**

Project Title: **Investigation of Alternative Theories of Gravity**

Principle investigator:

Dr. Burin Gumjudpai

The Institute of Fundamental Study “The Tah Poe Academia Institute”

Naresuan University

E-mail address: buring@nu.ac.th

Project Period: 3 years (28 April 2017 - 27 April 2020)

The project survey varieties of dark energy and alternative-to-GR ideas of gravitational theory. For selections of simple dark energy models, we consider, in the FLRW universe, quintessence (canonical scalar field) or vacuum energy with interaction to matter. The cosmology of canonical scalar field is re-expressed in form of time-independent non-linear Schrödinger-type (NLS) equation. Two types of barotropic fluids are as well included. Seven exact solutions found and one new found solution are tested. We suggest that the time-independent NLS formulation of cosmology should be reformulated within the time-dependent NLS equation. The second simple dark energy model is vacuum energy with interaction to matter. Stabilities analysis of the model is performed allowing energy exchange between pressureless matter and vacuum energy by applying the simple interaction model and allowing either positive or negative potentials. Two-fluid and three-fluid cases are studied. Fixed points and stability conditions of the points are determined. Fixed points with late-time acceleration with dust domination era are possible within a viable range of interaction strength.

The alternative-to-GR ideas of gravitational theory considered here is the non-minimal derivative coupling (NMDC) to gravity with holographic cutoffs and massive gravity. The NMDC is considered at cosmological scale whereas the massive gravity is considered locally as wormhole solution. The NMDC Kinetic term coupling to Einstein tensor under potential $V = (1/2)m^2\phi^2$ modifying gravitational constant of the theory and holographic cutoff modifies dark energy density. Positive NMDC coupling is favored rather than the negative one. The model with purely NMDC theory and the potential is favored and canonical scalar field with positive NMDC coupling is viable under some conditions that result in oscillating scalar field. The phantom field case is not favored. The other alternative gravity ideas is to apply massive gravity theory in solving Morris-Thorne wormhole spacetime instability. Morris-Thorne wormhole needs unknown exotic matter with strong negative radial pressure for sustaining the wormhole. The wormhole solution exists in massive gravity theory. We found that, with massive gravity, the necessity of the exotic matter can be alleviated and the wormhole throat, negative radial pressure and volume becomes smaller in magnitude.

Keywords: Dark energy, modified gravity