

Abstract

เราศึกษาสมบัติของสสารนิวเคลียร์โดยใช้ความสมมูล AdS/CFT เราเสนอโครงสร้างสตริงอันชัดเจนของสถานะมัลติควาร์กในควาร์กกลูออนพลาสมาเมื่อกลูออนเป็นอิสระแต่สมมาตรไครล์ยังคงสลายอยู่ แม้ว่าสสารควาร์กอิสระจะไม่เสถียรเชิงความร้อนแต่สสารแบบมัลติควาร์กซึ่งเกิดจากการแลกเปลี่ยนกลูออนระหว่างควาร์กอิสระจะมีเสถียรภาพเชิงความร้อนในช่วงอุณหภูมิปานกลางและความหนาแน่นสูงมากพอ นี่หมายความว่าสถานะมัลติควาร์กนิวเคลียร์มีเสถียรภาพเชิงความร้อนมากกว่าสถานะนิวเคลียร์อื่น ๆ เมื่อความหนาแน่นสูง ๆ มากพอ จากนั้นสมบัติเชิงแม่เหล็กของสถานะมัลติควาร์กนิวเคลียร์จึงถูกศึกษา เราพบว่าสนามแม่เหล็กภายนอกความแรงสูงจะทำให้โครงสร้างมัลติควาร์กสองรูปแบบมีเสถียรภาพขึ้นได้ มัลติควาร์กหนึ่งในสองโครงสร้างนี้ไม่มีเสถียรภาพในกรณีที่ไม่มีสนามแม่เหล็ก สนามความแรงสูงและอุณหภูมิสูง ๆ ทำให้โครงสร้างทั้งสองแบบลู่เข้าหากันเมื่อถึงสนามหรืออุณหภูมิค่าวิกฤตที่มัลติควาร์กทั้งสองผสานเป็นโครงสร้างเดียวกัน มัลติควาร์กก็จะกลายเป็นไม่เสถียร เมื่อความหนาแน่นถูกกำหนดให้คงที่ มัลติควาร์กจะเปลี่ยนไปมัลติควาร์กที่มีประจุเชิงรงค์ต่ำลงหรือละลายไปในควาร์กกลูออนพลาสมาที่สมมาตรไครล์ถูกอนุรักษ์คืนมา สถานะทางนิวเคลียร์อื่น ๆ ภายใต้สนามแม่เหล็กถูกพิจารณาศึกษาในกรณีทั่วไปที่สุดของแบบจำลองแบบชาไกกับซีกิโมโตะ ในช่วงอุณหภูมิปานกลาง สถานะมัลติควาร์กภายใต้สนามแม่เหล็กจะมีเสถียรภาพเชิงความร้อนมากกว่าสถานะอื่น ๆ เช่น สถานะพื้นภายใต้สนามแม่เหล็ก สถานะไพออนเกรเดียน และสถานะควาร์กกลูออนพลาสมาภายใต้สนามแม่เหล็กที่สมมาตรไครล์อนุรักษ์ หากความหนาแน่นสูงมากพอและสนามแม่เหล็กไม่แรงจนเกินไป สุดท้ายเราพิจารณาสมบัติเชิงความร้อนของสถานะมัลติควาร์กนิวเคลียร์และผลกระทบของมันต่อฟิสิกส์ของดาวอันเล็ก ๆ ความหนาแน่นสูง ๆ การศึกษาเชิงตัวเลขแสดงให้เห็นว่าอัตราเร็วเสียงในสสารมัลติควาร์กนิวเคลียร์มีค่าต่ำกว่าอัตราเร็วแสงในสุญญากาศและดังนั้นมันจึงสามารถถูกกดอัดได้แม้แต่ที่สภาวะความหนาแน่นสูง ๆ เช่นนั้น

We study the properties of nuclear matter using the AdS/CFT correspondence. We propose rigorous string configurations of the multi-quark states in the quark-gluon plasma when the gluons are deconfined but the chiral symmetry is still broken. Even though the pure quark matter is unstable thermodynamically, the multi-quark matter resulted from the gluon exchanges between quarks are thermodynamically stable for intermediate temperatures and sufficiently large densities. This implies that the multi-quark nuclear phase is thermodynamically preferred over other phases provided that the density is sufficiently large. The magnetic properties of the multi-quark nuclear phase are then investigated. We found that the strong external magnetic fields stabilize two possible multi-quark configurations. One of the configurations was unstable in the zero field situation. Strong field and large temperature converge the two configurations together. Around the critical field or temperature where the two configurations merge, the multi-quarks become unstable. At a fixed density, the multi-quarks either change into multi-quarks with smaller colour charges or melt away into the chiral-symmetric quark-gluon plasma phase (QGP). The other