พรรัตน์ ศรีสวัสดิ์ : การเกิดเคออนและซิกมาเมซอนในการชนของไอออนหนักที่ระดับพลังงานปานกลาง (KAON AND SIGMA PRODUCTION IN HEAVY ION COLLISIONS AT INTERMEDIATE ENERGIES) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร. ยูเป็ง แยน, 76 หน้า. ISBN 974-533-595-9

วิทยานิพนธ์นี้ศึกษาเชิงทฤษฎีเกี่ยวกับการเกิดเคออนและซิกมาเมซอนในการชนของไอออนหนักที่ระดับพลังงานปานกลาง การวิวัฒเวลาของนิวไคลด์ที่เข้าชนกันสามารถอธิบายได้ภายใต้กรอบของพลศาสตร์ควอนตัมเชิงโมเลกุล (QMD)

เราพิจารณาพลังงานของการชนในช่วง 0.85 ถึง 2 จิกะอิเล็กตรอนโวลต์ต่อนิวคลีออน สำหรับการเกิดเคออนที่มีประจุบวก โดยเคออนที่มีประจุบวกถูกคาดหมายว่าเป็นเครื่องมือที่ดีที่ใช้ในการตรวจสอบศักย์ของเคออนในตัวกลางและสมการสถานะทางนิวเคลียร์ (EOS) ในการศึกษานี้เราวิเคราะห์การไหลเชิงระนาบของเคออนที่มีประจุบวกและวิเคราะห์การกระจายของพลังงานจลน์ของภาคตัดขวางในการเกิดเคออนที่มีประจุบวก ซึ่งพบว่าแรงลอเรนตซ์จากองค์ประกอบทางตำแหน่งของสนามเวกเตอร์มีความสำคัญต่อพลวัตของเคออนในตัวกลางและยังสามารถหักล้างกับผลของศักย์เวกเตอร์ในการไหลของเคออนที่มีประจุบวกในแนวระนาบ ข้อมูลจาก FIPO สามารถอธิบายได้โดยใช้ศักย์ของเคออนในตัวกลางบนพื้นฐานของแบบจำลองเชิงไคแรลยังผล ข้อมูลของศักย์เคออนที่มีประจุบวกในตัวกลางที่ถูกนำมาจากการไหลของเคออนและภาคตัดขวางในการเกิดเคออนที่มีประจุบวกนี้เป็นฟังก์ชันของพลังงานจลน์ที่จุดศูนย์กลางมวลซึ่งมีความสอดคล้องกับข้อมูลจากแหล่งอื่น ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในวิทยานิพนธ์นี้ยืนยันว่าการใช้สมการสถานะทางนิวเคลียร์แบบอ่อนสามารถอธิบายภาคตัดขวางของการเกิดเคออนที่มีประจุบวกได้ดีกว่า

ซิกมาเมซอนเป็นอนุภาคเรโซแนนซ์ที่ไม่เสถียรและส่วนใหญ่จะสลายตัวไปเป็นไพออน 2 อนุภาคในปริภูมิอิสระ การศึกษาในเชิงทฤษฎีในระยะหลังนี้พบว่า มวล (m_σ) และความกว้าง (Γ_σ) ซิกมาเมซอนมีค่าลดลงอย่างมากเมื่อนิวเคลียสมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ซึ่งหมายความว่าซิกมาเมซอนอาจคงอยู่ได้ในสถานะของนิวเคลียสที่มีความหนาแน่นสูง ปรากฏการณ์นี้เป็นสิ่งที่น่าสนใจอย่างยิ่งในการค้นคว้าเพิ่มเติมถึงการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของซิกมาเมซอนในตัวกลางที่ได้จากนิวเคลียส ในวิทยานิพนธ์นี้เราได้ศึกษาการเกิดซิกมาเมซอนที่ได้จากการชนของโปรตอนพลังงาน 0.85 และ 1.5 จิกะอิเล็กตรอนโวลต์ต่อนิวไคลด์ของคาร์บอน 12 แคลเซียม 40 และตะกั่ว 208 ผลการศึกษาโดยใช้การจำลองทางคอมพิวเตอร์ระบุว่า การเกิดซิกมาเมซอนจะขึ้นกับเลขมวลอย่างเห็นได้ชัด โดยเมื่อเลขมวลมีค่าเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าภาคตัดขวางของการเกิดซิกมาเมซอนมีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย นอกจากนั้นยังพบอีกว่าการเกิดซิกมาเมซอนในปฏิกิริยาที่มีการเหนี่ยวนำโปรตอนจะ

ชนิดของตัวกลางอย่างมาก และการเกิดการสลายตัวของซิกมาเมซอนในตัวกลางที่มีความหนาแน่นสูงกว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ทำให้มวลลดลง การเปลี่ยนมวลนี้สามารถสังเกตได้ในการทดลองซึ่งสถานะสุดท้ายของคู่ไพออนไม่ถูกดูดกลืนโดยนิวคลีออนแวดล้อม จากการศึกษายังชี้ให้เห็นอีกว่าอัตราส่วนของภาคตัดขวางซิกมาเมซอนที่เป็นฟังก์ชันของมวลยืนยงจากปฏิริยาต่าง ๆ เปิดโอกาสให้ทำการทดลองการเปลี่ยนของมวลของซิกมาเมซอนในสภาวะแวดล้อมนิวเคลียสที่มีความหนาแน่นสูงได้

สาขาวิชาฟิสิกส์ ลายมือชื่อนักศึกษา ชยอรัตน์ ปฐวีรัตน์

ปีการศึกษา 2549 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา Yupeng Yan

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รัชนารถ กอแสง

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม Yu-Ming Zhang

PORNRAD SRISAWAD : KAON AND SIGMA MESON PRODUCTION IN HEAVY ION COLLISIONS AT INTERMEDIATE ENERGIES. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. YUPENG YAN, Ph.D. 76 PP. ISBN 974-533-595-9

HEAVY ION REACTION/KAON AND SIGMA MESON/THE CHIRAL SYMMETRY/THE QUANTUM CHROMODYNAMICS (QCD)/THE QUANTUM MOLECULAR DYNAMICS(QMD)/THE K^+ IN-PLANE FLOW/ THE IN-MEDIUM KAON POTENTIAL/THE NUCLEAR EQUATION OF STATE/THE PRODUCTION CROSS SECTIONS

This thesis is devoted to the theoretical study of the kaon and sigma meson productions in heavy ion reactions at intermediate energies. The time evolution of the colliding nuclei is described within the framework of the Quantum Molecular Dynamics (QMD).

We considered the bombarding energies in the 0.8-2 GeV per nucleon for K^+ production. It is thus expected that the K^+ is a very ideal tool to probe the in-medium kaon potential and the nuclear equation of state (EOS). In the present study we have analyzed the K^+ in-plane flow and the kinetic energy distributions of K^+ production cross sections. It is found that the Lorentz force from spatial component of the vector field provides an important contribution to the in-medium kaon dynamics and strongly counterbalances the influence of the vector potential on the K^+ in-plane flow. The FOPI data can reasonably be described using the in-medium kaon potential based on effective chiral models. The information on the in-medium K^+ potential extracted from the kaon flow and the K^+ production

cross section as a function of their center-of-mass kinetic energy is consistent with the knowledge from other sources. It is confirmed that data of the K^+ production cross sections are better described when a soft EOS is used.

The σ meson is a broad scalar resonance and mainly decays into two pions in free space. Recently, theoretical studies have shown that the σ mass (m_σ) and width (Γ_σ) dramatically decrease with increasing of the nuclear density (ρ), which means that the sigma meson may exist in a dense nuclear environment. This causes great interest to further explore the modification of sigma meson properties in nuclear medium. We investigate the sigma meson productions in 0.85 and 1.5 GeV proton colliding on nuclei of ^{12}C, ^{40}Ca, and ^{208}Pb. The simulation results indicate a distinctive A dependence of the sigma meson production, in which the increase of A is followed by that of the production cross sections. It is found that the σ meson production in proton induced reactions is strongly medium-dependent, and the produce σ meson decaying in a denser medium experiences a stronger mass shift towards lower masses. This mass shift is an experimentally accessible observation in the final state pion pairs which does not suffer reabsorption by the surrounding nucleons. It is pointed out that the ratio of measured sigma meson cross section as a function of the sigma meson invariant-mass from various reactions opens the possibility to experimentally address the mass shift of the σ meson in a dense nucleus environment.

School of Physics

Academic Year 2006

Student's Signature Pornrad Srisawad

Advisor's Signature Yupeng Yan

Co-advisor's Signature C. Kobdaj

Co-advisor's Signature Yu-Ming Zhang