บทคัดย่อ

ชุดโครงการวิจัยนี้ประสบความสำเร็จในการศึกษาอะตอม $\bar{p}D$ พายออเนียม และเคออนิกไฮโดรเจน โดยวิธีทางฟังก์ชันสเตอร์เมียน กล่าวคือคำนวณพลังงานยึดเหนี่ยว ความกว้างการสลายตัวและโดยเฉพาะฟังก์ชันคลื่นได้อย่างแม่นยำ รายละเอียดดังนี้

งานวิจัยในส่วนของอะตอม $\bar{p}D$ ได้ทำการคำนวณการเลื่อนพลังงานและความกว้างการสลายตัวของอะตอม $\bar{p}D$ ที่สถานะ 1*s* และ 2*p* ด้วยศักย์แบบ $\bar{N}N$ และได้ผลสอดคล้องกับการทดลองเป็นอย่างดี ยกเว้นการเลื่อนพลังงานของสถานะ 2*p* ซึ่งผลการทดลองแสดงถึงระดับพลังงานเฉลี่ยเลื่อนขึ้นเนื่องจากผลของอันตรกิริยาอย่างแรงเช่นเดียวกันกับสถานะ 1*s* แต่ผลการคำนวณที่ได้พบว่าระดับพลังงานเฉลี่ยมีการเลื่อนลง ซึ่งหมายถึงผลของอันตรกิริยาอย่างแรงของ $\bar{N}N$ ส่งผลกระทบอย่างมากต่อการเลื่อนพลังงานของสถานะ 2*p* นั่นคืออะตอม $\bar{p}D$ จะเป็นเครื่องมือที่สำคัญที่ใช้ปรับแต่งศักย์แบบ $\bar{N}N$ โดยเฉพาะที่พลังงานศูนย์

งานวิจัยในส่วนของพายออเนียม ได้ทำการศึกษาในอันตรกิริยาอย่างแรงหลากหลายรูปแบบ พบว่าอันตรกิริยาในแบบจำลองการแลกเปลี่ยนเมซอนชนิด ò ที่คู่ควบแบบสเกลาร์ ไม่เหมาะสมกับระบบพายออเนียม ซึ่งมีลักษณะเฉพาะต่อการคู่ควบแบบเกรเดียนต์ของการแลกเปลี่ยนเมซอนชนิด ò และคู่ควบอย่างอ่อนต่อการแลกเปลี่ยนเมซอนชนิด ρ ใน *t*-channel ทั้งนี้อาจจะใช้ศักย์พายออน-พายออนจากทฤษฎีไคแรลเพอร์เทอร์เบชันซึ่งสามารถให้ผลคำนวณสอดคล้องกับผลการทดลองการกระเจิงของพายออนกับพายออนและพายออเนียม และสามารถประยุกต์ใช้กับระบบสหพายออนเช่นแก๊สพายออนที่เกิดจากการชนของไอออนหนักที่พลังงานสูง

สำหรับงานวิจัยในส่วนของเคออนิกไฮโดรเจน ได้ทำการคำนวณการเลื่อนพลังงาน ความกว้างการสลายตัวและฟังก์ชันคลื่นของเคออนิกไฮโดรเจนโดยใช้ศักย์ในหลากหลายรูปแบบ พบว่าผลการคำนวณความกว้างการสลายตัวด้วยศักย์แบบ $\bar{K}N$ เท่านั้นที่ใกล้เคียงกับผลการทดลอง DEAR อย่างไรก็ดีผลการคำนวณด้วยศักย์แบบ $\bar{K}N$ เพียงอย่างเดียว และผลการคำนวณด้วยศักย์ที่มีพื้นฐานจากสมมาตรไคแรล SU(3) ต่างใกล้เคียงกับผลการทดลองของ KEK ทั้งนี้ผลการทดลองของ DEAR และ KEK ค่อนข้างขัดแย้งกัน จึงเป็นเรื่องยากที่จะระบุศักย์ที่เหมาะสมได้ ซึ่งต้องรอผลการทดลองของการทดลอง SIDDHARTA ที่จะให้ผลการตรวจวัดเคออนิกไฮโดรเจนที่แม่นยำกว่านี้

ABSTRACT IN ENGLISH

$\bar{p}D$ atoms, piomium and kaonic hydrogen are successfully studied in the work in the Sturmian function approach, with binding energies, decay widths and especially wave functions evaluated accurately.

The energy shifts and decay widths of the 1*s* and 2*p* $\bar{p}D$ atomic states are calculated with $\bar{N}N$ potentials which reproduce $\bar{N}N$ scattering data well. Our theoretical predictions are not in line with experimental data for the energy shifts of the 2*p* $\bar{p}D$ atomic states. The experimental data show that the averaged energy level of the 2*p* $\bar{p}D$ atoms is pushed up by the strong interaction, the same as for the 1*s* $\bar{p}D$ atoms, but the theoretical results uniquely show the averaged energy level shifting down. The investigation of the $\bar{p}D$ atoms may provide a good platform for refining the $\bar{N}N$ interaction, especially at zero energy since the energy shifts of the 2*p* $\bar{p}D$ atomic states are very sensitive to the $\bar{N}N$ strong interactions.

The pionium is studied in various strong interactions. It is found that the interaction in the meson-exchange model with the scaler coupling for the ε-exchange is unreasonably strong for the pionium system. The pionium system favors the gradient coupling for the ε-exchange, and demands a much weaker coupling for the *t*-channel ρ-exchange. A practical pion-pion potential may be derived from the chiral perturbation theory, which can reproduce both the pionium and pion-pion scattering data and is applicable to other multi-pion systems, for example, the pion gas probably produced in high-energy heavy-ion collisions.

The energy shift, decay width and wave function of the kaonic hydrogen are evaluated with various potentials. We found that expect for the decay width derived the phenomenological $\bar{K}N$ potential, all other theoretical values are much larger than the DEAR data. However, the theoretical results for both the pure phenomenological potential and the chiral SU(3) symmetry based potentials are fairly consistent with the KEK measurements, considering the large error of the KEK values of the 1*s* kaonic hydrogen decay width. At this moment, however, it is difficult to conclude whether the equivalent potentials based on chiral SU(3) models are reasonable since the KEK and DEAR data are so inconsistent each other. One may have to wait for the more accurate measurement of the 1*s* kaonic hydrogen by the SIDDHARTA collaboration.