

学位申請論文公開講演会

日時：2024年1月23日(火) 15:30~

申請者：中部 倫太郎 (Φ研)

場所：物理会議室 (C207)およびオンライン

接続先の問い合わせ先：清水裕彦 shimizu@phi.phys.nagoya-u.ac.jp (@_は@に置き換え)

題目：中性子光学を用いた離散的対称性の破れに対する系統的研究

主論文の要旨

荷電共役(C)、空間反転(P)、そして時間反転(T)操作で構成される離散的対称性は物理学における基本的な対称性の一つであり、素粒子標準模型は中性 K 中間子崩壊に代表される離散的対称性の破れをその枠組みの中で説明することができる。一方、素粒子標準模型では説明の付かない観測事実が存在し、その一つに現在の宇宙におけるバリオン、反バリオン数の非対称性が挙げられる。この観測結果は標準模型を超える CP 対称性の破れを示唆している。CPT 定理より、CP 対称性の破れは時間反転対称性の破れと同等であるとみなせる。そのため時間反転操作に敏感な永久電気双極子モーメントの探索がさまざまな基本粒子とその複合系に対して 60 年以上に渡り遂行されている。我々の研究グループは、永久電気双極子モーメント探索と非常に相補的となり得る、中性子スピンと原子核スピン間の時間反転対称性を破る相互作用の探索を計画している。低エネルギー中性子が誘起する原子核反応では、核子核子間相互作用における非常に小さな空間反転対称性の破れが s 波と p 波の混合によって生じる複合核状態を経由することで極めて大きく観測されている。この実験事実に基づき、時間反転対称性の破れが高感度に探索可能であることが予測されている。時間反転対称性の破れは空間反転対称性の破れと複合核スピンに依存する因子の積に比例するため、そのスピン依存因子を実験的に決定することは高感度探索の設計に向け重要である。スピン依存因子は p 波共鳴における中性子部分幅の角運動量比で定義されている混合角の決定により求めることができる。核種として p 波共鳴エネルギーが 0.75 eV であり、大きな空間反転対称性の破れが観測されている ^{139}La を選んだ。中性子と ^{139}La 標的核に対する零角度散乱振幅において、中性子スピンと核スピンの内積に比例する相関項は p 波共鳴において混合角を含む。そのため、測定には偏極中性子ビーム及び偏極核標的が必須である。大強度陽子加速器施設 J-PARC/BL22 において、中性子吸収断面積のスピン選択性を利用した ^3He スピンフィルターと、希釈冷凍機及び 7T 超伝導磁石による静的核偏極を同時にビームラインへと導入した。偏極中性子ビームを偏極核標的に照射し、中性子スピン正偏極、負偏極に対応する透過中性子数の非対称度を測定した。得られた非対称度に対して s 波共鳴由来の構造を差し引くことにより p 波共鳴の断面積を取得した。実験によって得られた断面積と理論式を比較することにより、混合角の解が 4 つ得られた。この解に対し、中性子吸収反応におけるガンマ線放出角度相関項測定による先行研究の結果が与える解の制限によって物理的な混合角の解を一意に決定し、スピン依存因子を求めた。孤立系複合核における零角度散乱振幅に得られた混合角を含め、中性子光学へ拡張して得られた中性子スピン観測量を計算することで、現実的な統計量において到達可能な時間反転対称性の破れに対する探索感度を見積もった。