

修士論文概要 (2014 年度)

大阪大学大学院 理学研究科 物理学専攻 原子核理論研究室

ミューオン原子の崩壊と荷電レプトンフレーバーの破れ

上坂 優一

概要

素粒子の標準理論を超えた理論として提唱された模型が予測することの一つとして、レプトンフレーバーの破れ (LFV) がある。3種類存在するレプトンフレーバー数はそれぞれが標準理論では保存量になっているため、LFV の観測は標準理論を超えた理論の検証として非常に重要な役割を持つ。1990年代末に初めて観測されたニュートリノ振動も LFV の一種である。一方で荷電レプトンにおける LFV (CLFV) は未だ観測されておらず、現在も盛んに探索が進められている。

2010年に CLFV 探索の有力な観測量としてミューオン原子中のミューオンと電子の稀崩壊過程 $\mu^- e^- \rightarrow e^- e^-$ が提案された。この過程の探索には、2体崩壊であるため明確なシグナルが得られやすい、反応率の大きな増幅が得られるなどの利点が存在する。

本研究では CLFV 有効相互作用を用いた解析により、ミューオン原子崩壊率の評価を行う。先行研究によって、ミューオン原子の崩壊に対する定性的な評価が行われ、陽子数の大きなミューオン原子を用いると、CLFV 崩壊分岐比が著しく増大することが示された。更なる実験と理論の比較のため、この先行研究に引き続き、さらに詳しくミューオン原子崩壊率の評価することが求められる。本研究では、先行研究では考慮されていなかったクーロン場中のディラック粒子の波動関数を用い、より現実的な遷移確率の評価を行う。また、ミューオンの束縛状態が電子よりもかなり内側に局在するために、原子核が有限の大きさを持つことも重要となる。その結果、従来の評価より、さらに一桁大きな CLFV 崩壊分岐比が期待されることが判明した。

重イオン衝突実験における荷電ゆらぎの ラピディティ方向へのにじみ効果

大西 悠太郎

概要

ハドロン内に閉じ込められているクォークやグルーオンは、ある臨界温度を超えると閉じ込めから解放され、ハドロン相はクォーク・グルーオン・プラズマ (QGP) 相に相転移する。QGP の性質を理解することは、初期宇宙や量子色力学の研究のために重要な課題であり、RHIC や LHC でも盛んに QGP の性質を調べる実験が行われている。

近年、注目を集めている観測量の一つに保存電荷の event-by-event ゆらぎがある。QGP 相で生成されたゆらぎは、ハドロン相によって拡散され、検出器に届く。このとき、系がハドロン相の平衡状態に至る前のゆらぎが観測されることが指摘されており、実験結果より QGP の性質を調べることができる。

ゆらぎの研究において、従来は時空ラピディティとラピディティを同一のものと見なした実験データの解釈が広く行われていた。このような解釈は、個々の粒子の速度が媒質の流れに等しいと近似したときにのみ正当化される。しかし実際は、個々の粒子は熱運動をしており、両者は異なるので、それに由来するにじみの効果が生じる。本研究では、このにじみ効果の大きさを評価する。そのために、ゆらぎを計算する新たな方法を提示する。この方法は、従来の方法とは違い、拡散以外のゆらぎの変化を記述することができ、にじみ効果が評価できる。結果、RHIC や LHC でのゆらぎ観測において、にじみ効果の寄与は大きく、決して無視すべきものではないことがわかった。また、ビーム軸と垂直方向への媒質の速度のにじみ効果への影響を考察することにより、LHC で観測されたゆらぎの衝突パラメータ依存性を説明することを試みた。