

論文審査の結果の要旨

氏名 野本 裕史

本論文は 6 章からなる。第 1 章は序章でありこの研究の背景が簡潔に述べられている。第 2 章ではさらに詳しくこの研究の理論的・実験的背景を説明している。第 3 章ではこの研究を進めるための実験装置の説明にあてられている。第 4 章はこの論文の中核をなし、解析の手順を詳しく述べて、探索する崩壊過程への分岐比を決定している。第 5 章ではその結果を他の実験と比較しつつ、理論的なモデルとの比較を行い、実験結果の評価をすすめる。最後に第 6 章が全体のまとめとなっている。

本論文は、北京の電子・陽電子衝突型加速器 BEPC での、国際共同実験 BES-II において、 J/Ψ 粒子と Ψ' 粒子(以下 J/Ψ で代表して表現する)を大量に生成し、それが観測にかからない粒子と光子とへ崩壊するものを探索した研究である。検出器の中には光子が一個検出され他に何も無いという事象を選択する。

現在素粒子物理では、標準理論と呼ばれるモデルが成功を収めているが、理論的に不十分であるとともに、それから逸脱する事象も発見されており、この理論の枠組みを超える物理の確立が重要となっている。多くの標準理論を超える理論では、通常物質とはほとんど相互作用をしない粒子の存在が示唆されている。論文提出者は、質量が重い割には寿命が長い J/Ψ 粒子に着目しそこからの崩壊過程での探索を進めた。測定は分岐比の決定(或いは上限設定)であり、発生する粒子のモデルに寄らずに決めることができるが、特に軽い質量を持ったほとんど相互作用をしない粒子ということで、強い相互作用での CP 保存を説明する粒子であるアキシオンなどを探索対象とした。

BES-II 検出器内には、光子が 1 つだけ観測され他に何も無いという事象を拾い出す上で、多くのバックグラウンドとなる事象が存在する。特に宇宙線起源の事象や、 J/Ψ 粒子がすべてが中性粒子に崩壊する過程が問題となる。論文提出者は、エネルギーを測定する検出器であるカロリメータの中での信号分布からバックグラウンドと信号を弁別する手法を開発し、特に宇宙線起源のバックグラウンドをほぼ完全に排除することに成功した。「他に何も無い」と言う条件を設定では、各測定器のノイズ分布を解析し、最適な条件を設定した。 J/Ψ 起源のバックグラウンドとしては J/Ψ が中性子と反中性子に崩壊する過程が問題になってくることを示した。光子と反中性子のそれぞれが測定器との反応の仕方を、実際の光子や反陽子の反応を見て解析し、バックグラウンドを押さえる事象選択方法を決定した。

この結果、 5.5×10^7 個の J/Ψ の崩壊、および 9.4×10^6 の Ψ' の崩壊中で、光子と見えない粒子に崩壊する事候補はそれぞれ 9 および 1 事象見つかった。この数は、 J/Ψ の中性子・反中性子崩壊からのバックグラウンドの混入率との見積もりとほぼあっており、ここから、探索している崩壊比の上限を求めた。系統誤差も考慮すると、 J/Ψ の崩壊から光子と「見えない粒子」 X に崩壊する分岐比

$\text{Br}(J/\Psi \rightarrow \gamma X)$ は X が擬スカラー粒子として、その質量が 1GeV 以下の場合には 6.4×10^{-7} 以下 (90%コンフィデンスレベル) X の質量が 100MeV 以下の場合には 3.9×10^{-7} 以下であることを示した (Ψ' の崩壊からの結果は両方とも 1.7×10^{-6} 以下)。この上限値は過去の実験と比較して1桁以上よい結果となった。これらからアキシオンなどの擬スカラー粒子とクォークの結合定数 g_{eff}^2 の上限が得られ 9.8×10^{-7} という、これも従来の上限を遙かに改善することができた。これらの成果は、今後 1GeV 以下の軽い質量をもった「見えない粒子」を伴う理論の構築にあたって大きな制限を与え、大きな貢献である。

本論文は、国際共同実験グループ BES-II での共同研究であるが、この研究に関しては論文提出者が主体となって進めている。これまでの BES-II 実験では荷電粒子を1つ以上含むデータの解析が中心となっており、本論文のように荷電粒子が全くない事象の解析はなされてこなかった。このため論文提出者は、実験で収集した最初のデータに戻って各段階での解析ツールを再吟味しながらこの解析用に最適化を行った。これにより、今後この実験グループが他の荷電粒子が一つも出ない J/Ψ 粒子への崩壊の解析への道筋をつけたものでもあり、大きな貢献を行った。以上により論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士 (理学) の学位を授与できると認める。

最終試験の結果の要旨

氏名 野本 裕史

成績 合格

本委員会は、論文提出者に対し平成21年1月19日、学位論文の内容及び関連事項について、口頭試験を行った。

その結果、論文提出者は、物理学特に高エネルギー物理学について博士（理学）の学位を受けるにふさわしい十分な学識を持つものと認め、審査委員全員により合格と判定した。