

論文審査結果の要旨

氏名 音野 瑛 俊

本論文は8章よりなる。イントロダクション（第1章）では、中性子寿命測定 of 歴史と本論文の構成が述べられている。中性子の崩壊（第2章）では中性子の寿命測定 of 学術的な重要性について述べられている。特に、宇宙のバリオン合成や軽元素の合成に関連して、現在測定されている中性子の寿命と WMAP など で 測られたバリオン密度とは若干の矛盾があり、また中性子寿命の測定方法によって系統的なシフトがある可能性があることを指摘している。第3章は、実験全般に関して記述されており、中性子ビームを用いた新しい実験の外観が述べられている。第4章では実験の詳細なコンピュータシミュレーションに関して述べられており、実験装置内での中性子崩壊及びバックグラウンドの振舞いが記述されている。第5章は、中性子崩壊のシグナルの抽出方法の記述されている。第6章は実際に制作した TPC 測定器の制作方法と試験結果が記述されている。第7章は今後検討されるべき系統誤差の縮小について述べられ、第8章は中性子の寿命測定 of 系統誤差が $O(0.1)\%$ に圧縮できるという結論で纏められている。

この研究では、J-PARC の冷中性子のパルスビームをスピンドリフ・チョッパーを通して速度を揃えて、TPC 測定器に入射して、その中での崩壊数を数える。中性子のフラックスは、TPC 内に数 ppm 混入した ^3He との $^3\text{He}(n,p)^3\text{H}$ 反応で生じた荷電粒子を検出することで、中性子の崩壊信号と同時に測定する。このためにユニークな TPC 測定器を開発し制作した。放射線源となる物質を TPC 自体から排除するために、何種類かの材質から強度や放射能の試験の後に PEEK 材を選択し、これで TPC 本体を作成した。また、散乱された中性子を排除するために TPC の内壁には ^6Li を塗るなどの様々な工夫をしている。TPC 内のガスは、 $^4\text{He} : \text{CO}_2 = 85 : 15$ で、drift velocity は $10 \mu\text{m}/\text{ns}$ と遅いものを選んだ。中性子崩壊信号と ^3He との反応のシグナルは、TPC で測定されるエネルギーで分離される。

測定器の制作だけでなく、中性子崩壊寿命測定 of 解析方法を確立した。本実験で中性子の寿命は

$$\tau_n = (S_n / \varepsilon_n) / (S_\beta / \varepsilon_\beta) \cdot 1 / (\rho_{^3\text{He}} \sigma_{0v0})$$

と測られる。ここで、 S_n, S_β は ^3He で生じた反応の測定数、中性子崩壊の測定数、 $\varepsilon_n, \varepsilon_\beta$ は、それぞれの検出効率、 $\rho_{^3\text{He}}, \sigma_{0v0}$ は ^3He の密度と中性子のフラックスである。 CO_2 と中性子の反応で生ずる γ 線や外部からの γ 線のバックグラウンドを精密に測定するために、ガス圧を変えて測定を行い、また、フラックスの測定 of 為の ^3He の混入率を変えたり、シャッターで中性子を遮断して外部からのバックグラウンドを測定したりすることによって、系統誤差 $O(0.1)\%$ で中性子寿命を測定できることを、本論文で証明した。

本論文は、新たな物理量を測定しているものではないが、中性子ビームを用いて中性子寿命を測定するというユニークな実験方法を提案し、実験に用いる全く新しいタイプの TPC の開発、制作、試験を行い、かつ中性子寿命の測定とその解析方法を確立し、今までと異なる方法で $O(1)\%$ の系統誤差で中性子寿命が測定できることを証明した一連の研究は、学術的に極めて重要である。

審査員全員十分納得する研究結果であり、論文提出者の物理学の知識も博士（理学）をうけるに十分である。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。