

論文審査結果の要旨

氏名 王 惠仁 (オン フィージン)

本論文は、7章と3つの付録からなる。第1章では、まず β 安定線から遠く離れた軽核領域での特異な核構造が紹介され、貴重な情報を与えるE2転移強度(B(E2))とその測定法が解説される。次に中性子過剰な ^{16}C 第一 2^+ 状態の低い励起エネルギーと小さなB(E2)が、これまでの核構造の知識からは理解出来ない現象である事が示される。背景には陽子数6での新たな閉殻性、中性子と陽子の集団運動の不調和が考えられ、この領域での系統的研究が重要な課題であった。そこで著者らは、さらに中性子過剰な ^{18}C 第一 2^+ 状態(励起エネルギー1.585 MeV)の寿命測定によるB(E2)の導出を本研究の目的と定めた。

第2章では寿命測定のために採用したRecoil Shadow Method (RSM)の測定原理・改良点が詳述されている。RSMでは二次標的との核反応により励起された原子核からの脱励起 γ 線を、遮蔽体とともに二次標的周辺に配置したNaI(Tl)検出器で測定する。励起された原子核は真空中を飛行しており、 γ 線を放出する平均飛行距離は励起状態の寿命により異なる。他方各検出器の検出感度は γ 線を放出した時の飛行距離と遮蔽体との位置関係に応じて変化するため、測定された γ 線強度は励起状態の寿命に敏感な量となる。論文提出者が行った主な改良点は、(1)取り外し可能な遮へい体を配置し、遮蔽体有・無での各検出器の γ 線強度の比(deficiency)を用いることで γ 線の角度分布に由来する寿命決定の曖昧さを無くし、(2)検出器数を増やし、標的位置を可動にする事で、生成量の少ない ^{18}C の効率的測定と10〜数100 psまでの広い寿命範囲の測定を可能にした点である。

各検出器のdeficiency分布と励起状態の寿命を変数とするシミュレーションとの比較から最適な寿命が求まる。測定方法の改良と精密なシミュレーションの確立は、本研究を成功に導くために必要不可欠なものであった。

第3章では理化学研究所で行った実験条件が説明されている。 ^{18}C は ^{22}Ne ビームの入射核破碎反応で生成され、RIPSと呼ばれる装置でビーム状に分離・成形された。RIPSの焦点面には二次標的(^9Be)が置かれ、鉛遮蔽体と118台のNaI(Tl)検出器が回りを囲んでいる。上流の検出器群によって入射粒子毎の同定や、二次標的への入射角度・位置・速度情報が測定された。下流の検出器群によって、二次標的により非弾性散乱された ^{18}C の選択、散乱角度の測定を行った。

第4章ではデータ解析が詳述されている。解析において重要な点は、シミュレーションの精度向上、及び系統誤差の分析である。本研究では、二次標的面上での ^{18}C ビームのエミッタンス、速度分布の測定値をシミュレーションに組込んだ。また、標準線源によるdeficiency測定値とシミュレーションとの比較から、系統誤差の γ 線エネルギーに対する依存性、 γ 線放出位置による依存性が注意深く調べられた。

第5章では改良されたRSMのオンラインテストと本測定の結果がまとめられている。テストに用いたのは既知の寿命を持つ ^{11}Be , $1/2^-$ 状態、 ^{16}N , 0^- 状態から基底状態への γ 線で、得られた結果は報告値と誤差の範囲で一致し、解析方法の信頼度が確かめられた。最後に ^{18}C 第一 2^+ 状態の寿命の最適値 $17.4(\pm 2.6, \text{stat.})(\pm 4.0, \text{syst.})$ ps が得られた。B(E2)は $4.7(+0.8/-0.6, \text{stat.})(+1.4/-0.9, \text{syst.})$ e^2fm^4 となり、 ^{16}C の場合と同様に小さな値である事が本研究により初めて明らかとなった。

第6章では結果についての議論を行っている。B(E2)の測定値とワイスコップユニットとの比が1に近い事、系統的变化を示す一流体量子液的模型による経験式との比較から、 ^{18}C も ^{16}C と同じく陽子数6の閉殻構造である可能性が指摘されている。また、低い励起エネルギーを同時に説明するため、 ^{16}C 、 ^{20}O においても指摘されている陽子集団と中性子集団との不調和現象の存在が議論されている。最後に殻模型、反対称化分子動力学模型、ハートリーフォック模型によるB(E2)推定値との比較、議論がなされている。

第7章ではまとめと今後の展開が記されている。本研究により寿命測定之感度が画期的に向上し、解析方法の信頼度も高くなった。このことから著者は、 $^{16,18}\text{C}$ と同じく低い励起エネルギーが報告されている ^{20}C の第一 2^+ 状態の寿命測定や、 ^{22}C 、 ^{24}O での第一 2^+ 状態の励起エネルギー、B(E2)測定を提案している。

以上、 ^{16}C の第一 2^+ 状態に見いだされた低い励起エネルギーと小さなB(E2)という新たな現象は、 ^{18}C でも起きていることが本研究により初めて明らかとなった。この現象は陽子数6の閉殻性および中性子、陽子集団運動の不調和により生じていると考えられ、今後の系統的研究の重要性を示した点で、その物理的価値は大きい。

本研究は22名の研究者との共同研究であるが、全般にわたって論文提出者が主体となって行ったものである。特にRSMの画期的改良と信頼度の高いシミュレーションの構築は、本研究を可能ならしめた重要な要因であり、実験的研究を進める上での論文提出者の能力の高さを十分に示している。よって審査員全員が本論文を博士(理学)の学位請求論文として合格であると判定した。