

氏 名	作 田 俊 美
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	理 博 第 435 号
学位授与の日付	昭 和 52 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	理 学 研 究 科 物 理 学 第 二 専 攻
学位論文題目	Admixtures of Shell and Cluster States in ^{18}O (^{18}O に於ける殻状態とクラスター状態との混合)

(主 査)
論文調査委員 教 授 玉 垣 良 三 教 授 小 林 晨 作 教 授 武 藤 二 郎

論 文 内 容 の 要 旨

軽い原子核の構造に関する最近の研究の進展によって、殻模型では閉殻である core より粒子が励起した状態——core 励起状態——において、陽子 2 個と中性子 2 個が結合した α 粒子的クラスター形成が重要な役割を果たしていることが明らかになってきた。さらに、多くの実験的情報は、殻模型の状態と α クラスター状態とを統一的に把握する必要性を示唆している。この様な統一的理解のためには、クラスター状態と殻模型の状態との coupling を正しく取り扱うことが重要な課題となってくる。申請者が主論文においてとりあげた ^{18}O 核では、殻模型的な sd 軌道の 2 粒子 (2p) 状態と α クラスターの 4 粒子と 2 空孔よりなる状態 (α 的 4p-2h 状態或は単に 4p-2h と略記する) とが同じエネルギー領域に共存しており、 ^{18}O の構造は両状態の coupling を研究する上で典型的な対象である。

申請論文は、 ^{18}O の基底状態から約 10 Mev の励起に至る状態について、2p 状態と α 的 4p-2h 状態との coupling を同等に考慮することによって、エネルギー準位、電気的遷移及び α 換算幅を包括的に理解することを目的とした理論的研究である。2p 状態としては (sd)² の殻模型を採用し、4p-2h 状態として α - ^{14}C クラスターモデルを導入する。4p-2h 状態のエネルギー計算の結果は、クラスターの成長度としては、 ^{20}Ne の基底バンドよりは強く ^{18}O の励起バンドよりは弱い中間的な状況にあり、エネルギー最低のバンドでは、 α と ^{14}C が弱結合的であり、他方高いバンドでは強結合的である様相を示す。2p 状態と 4p-2h 状態の coupling がクラスター形成度や状態の量子数でどのように変化するかを検討した結果、(i) ^{18}O で現れるアイソスピン T=1 状態では、参考論文で扱った ^{18}F の T=0 状態に比して、coupling が弱く、これがエネルギー準位の実験値を全体としてよく再現すること、(ii) 基底 0_1^+ , 2_1^+ , 4_1^+ 等の状態は 2p 成分を主とし、 0_2^+ , 2_3^+ , 4_2^+ , 6_1^+ 状態は α 的 4p-2h 状態を主成分とする準位であることが明らかになった。

このようにして得られた波動関数を用いて、波動関数の鋭敏なテストになる E 2 遷移確率の分析を行った。その結果、4p-2h 状態の α クラスター形成が大きな E 2 遷移に寄与すること、2p 状態と 4p-2h 状

態との混合が、実験値と矛盾しない傾向を与えることが示された。この分析の中で、付加的有効電荷として $2p$ 状態では $0.5e$, $4p-2h$ 状態では $0.2e$ 程度が必要であった。この事は、 ^{18}O の性質に α クラスター形成と core 偏極が相補的に寄与していることを意味している。更に、 $^{16}\text{O}+2$ 核子の構成をもつアイソスピン三重項をなす ^{18}O , ^{18}F ($T=1$), ^{18}Ne の原子核について、対応する $E2$ 遷移を比較することによって、 $2p$ 状態と $4p-2h$ 状態の混合の特徴がよく理解されることを実験値との対応を取って示している。また $E0$ 遷移でも実験値をよく再現している。最後に、 α クラスター状態の直接的検証として、 α 換算幅の計算を行った。 α 的 $4p-2h$ 成分が主な 0_2^+ , 2_3^+ , 4_2^+ , 6_1^+ 状態の大きい α 換算幅を与えると共に、 $2p$ 成分が主な殻模型の状態の小さな α 換算幅を与え、 α 幅の全体的説明に成功している。

以上の結果から、 $2p$ 状態と α 的 $4p-2h$ 状態とを同時に考慮することによって、 ^{18}O 核の低励起準位の多くの性質が包括的に、実験値とのよい一致をもって、説明出来ることが明らかになった。これに基づいて、申請者は、 α クラスター構造が従来成功を収めてきた $4n$ 核 (α 粒子の整数倍の中性子数、陽子数をもつ原子核) に限定されるものでなく、 ^{18}O の様な $(4n+2)$ 核においても、殻構造と同等に存在すること、更にこのような系では、クラスター状態と殻模型状態との coupling が本質的な役割を果たすことを結論している。

参考論文の3篇は、この申請論文の先駆をなすもので、 ^{18}F の構造を殻模型的状态とクラスター的状态との coupling を入れ $T=0$ 状態について研究したものである。 $T=1$ 状態を扱った申請論文と合わせて、 $A=18$ の原子核での両状態の共存の機構を明らかにしたものである。

論文審査の結果の要旨

軽い原子核の包括的理解にとって、 α クラスター構造の視点が重要であることは近年の研究から明らかになってきている。この認識は、主に α 粒子の整数倍の陽子数 Z , 中性子数 N をもつ原子核 ($4n$ 核) の研究において得られたものであった。他方殻模型は、 Z と N の偶奇にかかわらず安定核近傍の低励起状態の説明に一定の成功を収めている。従って、 $4n$ 核で確立してきた α クラスター構造の視点に立った研究を、 $4n$ 核以外の原子核 ($4n\pm1$, $4n\pm2$ の原子核) にすゝめることは重要な課題となっていた。申請者の論文は、この課題を ^{18}O 原子核においてとりあげ理論的研究を行ったものである。

^{18}O は、殻模型で閉殻をなす ^{16}O に2つの中性子がついた原子核で、 ^{18}O , ^{18}F , ^{18}Ne とアイソスピン $T=1$ の三重項をなす核状態を有する。 ^{18}F は、 $T=0$ と1の状態群を有し、 $T=0$ 状態については参考論文において既に研究結果がえられていた。そこでは、殻模型的2粒子 ($2p$) 状態と ^{16}O core から2粒子が励起し α 的4粒子と2空孔から成る $4p-2h$ 状態の coupling を取り入れることによって、実験を全体的によく再現することに成功していた。申請論文では、この研究を $T=1$ 状態に発展させ、 $T=0$ 状態と対比させつつ、分析を行ったものである。

^{18}O の約 10 MeV 以下の準位に対して、(sd) 軌道の $2p$ 状態と α クラスターと ^{14}C よりなる $4p-2h$ 状態という模型空間を選んで分析を行った結果から、 $T=1$ 状態では $T=0$ 状態に比して両者の coupling が弱く、その特徴が実験値を全体的によく再現することが示された。更に、この両状態の coupling が弱くなる根拠が明かにされると共に、 $2p$ 成分を主とする殻模型の状態の特徴、 $4p-2h$ 成分を主とする α ク

ラスター的状態の特徴、及び両成分の coupling による混在の効果の特徴が、電磁的 ($E2$) 遷移と α 換算幅の分析を通じてあざやかに示されている。 α クラスター的状態によって、単純な $(sd)^2$ 配位の殻模型の限界をこえることが出来ただけでなく、両状態の coupling が ^{18}O , ^{18}F , ^{20}Ne の $T=1$ 状態で弱く、 ^{18}F の $T=0$ 状態で強いという対照をもって現れていることが、 $^{16}\text{O}+2$ 核子系の構造の統一的な理解を可能にすることが示されたことは、重要な知見である。

この申請論文と参考論文の研究によって、申請者は、 α クラスター構造の視点が $4n$ 核のみならずより広汎な原子核の包括的理解にとって不可欠であることを示し、従来の研究で指摘されてはいたが本質が不明のまゝ残されていた殻模型状態に混入する状態の性格をクラスター的 core 励起状態を導入し両状態の coupling を正しく取り入れることによって明らかにしたものである。このような殻構造とクラスター構造の共存機構の解明は、原子核構造論の発展に寄与するところが大きい。申請論文及び参考論文は、申請者がすぐれた研究能力と学識をもつことを示している。

よって、本論文は理学博士の学位論文として価値あるものと認める。