

氏名	根本文記
学位の種類	理学博士
学位記番号	理博第364号
学位授与の日付	昭和50年5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	^{20}Ne 領域核における α 的分子の構造の研究

(主査)
 論文調査委員 教授 玉垣良三 教授 小林晨作 教授 林 忠四郎

論文内容の要旨

軽い原子核の励起状態の中に、一中心場と残留二体相関の描像で理解することが困難なものとして、 α クラスターの構造をもつ状態が多様に存在することが最近明らかにされてきている。その構造は、非常によく α クラスターが解離した分子的構造をもつものから、殻模型的様相をも強く残して α 粒子的 4 体相関が重要な役割をもっているものになっている。即ち、軽い原子核の構造変化は、 α 的 4 体相関による分子的構造の成長と殻模型的構造をもとにして発現している。このような構造変化を研究していく上で、 ^{20}Ne 領域核は、 ^{20}Ne 核自身が両様相の典型的な状態をもち且近傍核につながる状態系列が見られる意味で興味のある研究対象である。

申請論文は前半においては、 ^{16}O より ^{20}Ne 核に系統的に存在する殻模型で理解が困難な core 励起状態を、 α クラスターと core 核への分極が起っているとの立場から分析している。特に理論的に解決が求められていたのは、この core 励起状態系列においては、 α クラスターと core の空孔との相互作用が弱い (α -hole 弱結合) という事実の根拠を明らかにすることであった。申請者は、core と α クラスターとの距離を生成座標法でのパラメーターにとり理論的枠組を設定し、この距離が大きくなって α クラスターの“析出”が起ると α -hole 相互作用が弱くなることを示した。この α -hole 弱結合的様相は、 $K^\pi=0^+$ (K は対称軸方向への角運動量射影で、 π はパリティ) に連がる回転バンドでは $^{20}\text{Ne} \rightarrow ^{16}\text{O}^*$ ($*$ は励起状態を意味する) に移行するに従って強まり、また、非対称配位より生じる反転二重項では $K^\pi=0^+$ バンドより $K^\pi=0^-$ バンドでより強くなるとの説明を与えている。この研究を通じて得られた他の結果としては、次のものがある。(i) $K^\pi=0^+$ の相対振動励起状態は、非常に幅の広い共鳴レベルとして現れる。(ii) α -クラスター移行反応の確率が ^{19}F で ^{20}Ne の 2 倍程大きくなる理由を α 粒子換算幅から説明した。(iii) ^{20}Ne の基底 $K^\pi=0^+$ バンドでみられる antistretching 様相の説明を与えた。これらの諸点と共に、 α +core という di-cluster 配位では理解できない問題の所在を明らかにしている。

^{20}Ne はいろいろの様相が現れているので興味ある研究対象であるから、実験的研究も盛んに行なわれ多

くの励起回転バンドが新たに見出されてきた。これらの実験的情報を、展開してきた理論的研究の結果に加えて考察して、申請者は ^{20}Ne 核の状況に対して、(i) $\alpha+^{16}\text{O}$ への分極の自由度の重要性、(ii) 基底バンドは α 的分子的構造から殻模型的構造への遷移的性格をもつこと、(iii) 励起状態の同じエネルギー領域に著るしく構造の異った回転バンドが、特に $K^\pi=0^+$ バンドで、互に強く couple しつつ共存していること、が重要な点であると見做して、これらを統一的に記述しうる微視的モデルを設定した。即ち、 ^{20}Ne の基底バンドの遷移的性格を表現するものとして、 $(\alpha+^{16}\text{O})$ 的配位への自由度と共に、 ^{16}O core の $(\alpha+^{12}\text{C})$ 的配位の分極の効果を inversion path の方向の自由度として取り入れた微視的反転二重項模型によって ^{20}Ne の分析を行った。その結果、 ^{20}Ne 基底バンドの遷移的性格を inversion path 方向への $(\alpha+^{16}\text{O})$ 配位のくずれとして捉えることが出来、また殻模型的性格の励起バンドが α 換算幅がかなり大きい理由については幅の広い励起 $K^\pi=0^+$ バンドの成分の混合として半定量的説明に成功した。申請論文後半は、上記の理論的研究を述べたものである。

参考論文 1 は、論文前半の先駆をなすものであり、参考論文 2 は得られた ^{20}Ne , ^{19}F の波動函数を α 遷移反応に利用したもの、参考論文 3 は生成座標法で $\alpha-^{16}\text{O}$ 散乱を解いたもので、いずれも本論文と関係が強い論文である。参考論文 4 は、近接核 ^{18}F のエネルギー・レベルを $(\alpha+\text{core})$ 配位の成分を取り入れて分析したものである。

論文審査の結果の要旨

申請者が研究対象とした ^{20}Ne 領域の原子核は、 α クラスターの構造と殻模型的構造が共存して、多様な状態系列が見出されている領域にあたり、近年理論的にも実験的にも盛んに研究が行なわれている。 α クラスターの分極が成長して α 粒子模型の様相を示す原子核としては、より軽い p 殻領域の ^8Be 近傍核が知られていたが、このような α クラスターの分極の成長した α 的分子的構造が原子核の一般的性格か否かは、原子核に殻模型と一中心平均場にくりこめない残留力による二体相関の枠組で記述し得ない状態群が広範に存在するかどうかという基本的課題に関連して、重要な問題であった。この問題に回答を与えるには、sd 殻領域核で ^{16}O core に 2 ケの中子と 2 ケの陽子が附加された ^{20}Ne 核及び閉殻励起の典型としての ^{16}O 核励起回転バンド ($^{16}\text{O}^*$ と略記する) とこの両者に連がる状態系列の性格が明らかにされる必要があった。申請論文は、この課題を α 的分子的構造の視点に立つ微視的理論を展開して研究したものである。

申請論文の前半は、 ^{20}Ne より $^{16}\text{O}^*$ に至る $(\text{core}+\alpha)$ 的様相の core 励起状態において、 α 的分子的構造の成長の機構を明らかにすると共に、 α クラスターと core の空孔間の弱結合の根拠を明らかにしたものである。基底状態系列では、core-核子間の引力は強く、 ^{20}Ne 核で 4 核子間の α 的相関で辛うじて分極が起る。これと対照的に、core 励起状態系列では、 α クラスターの分極が成長した方がパウリ原理による α クラスター内部結合エネルギーの損失が少なく、 α と core の間隔が大きくなると共に α -hole 相互作用が弱くなる結果、弱結合の様相が発現する。これは、 α -hole 弱結合に対する理論的解明を初めて与えたもので高く評価できる。 α 的分子的構造の成長の尺度が、 α と core への解離度として α 換算幅振幅によって与えられることに着目し、 α 的分子的構造が、 $(\alpha+\text{core})$ 系列では ^{20}Ne から $^{16}\text{O}^*$ に移るに従

って成長すること、反転二重項でみると ^{20}Ne の $K^\pi=0^-$ バンドに連がる系列の方がより成長が見られることが説明されており、これらの結果は α 的分子的構造の成長に対する基本的描像を与えたものと言える。

^{20}Ne が α 的分子的構造と殻模型的構造という両様相を共有する原子核であり、構造変化を研究する上で重要な位置を占めるという認識が強まるにつれ、実験的研究も盛んになり、 ^{20}Ne 核の励起回転バンドの実験的情報は豊富になってきた。それは、これらの状態群が両様相のいづれかに分類されるという単純な描像とは異って、両様相の遷移と回転バンド間の相互関連の強さを示すものであった。従って、これらの状態群を統一的に理解するために、申請者は申請論文の後半において、 ^{16}O core の α 的構造に基因する分極を考慮した ^{20}Ne の反転二重項の微視的モデルを展開した。このモデルでは、 ^{16}O と α への分極の自由度に加えて、inversion path に対応した ^{16}O core の $(\alpha+^{12}\text{C})$ 的分極の自由度が考慮されており、 ^{20}Ne の4つの回転バンドを統一的に理解することに成功している。特に、Pauli 原理を正しく考慮しているので、 α 的構造を設定したモデルでありながら、殻模型的にみて重要な状態をも含んでいることは、このモデルの有効性として強調されてよい点である。励起回転バンドの中で約 6.7 Mev 上の $K^\pi=0^+$ バンドは、殻模型的性格をもつにも拘らず大きい α 換算幅を有する理由として、この状態には約 8.8 Mev 上の幅の広い $K^\pi=0^+$ バンドが混在するという推測があったが、それに理論的根拠を与えた点も興味ある結果である。なお、この扱いで約 7.2 Mev 上の $K^\pi=0^+$ バンドは再現されていない。しかし、この状態は $(^{12}\text{C}+2\alpha)$ 的な3個のクラスター状態と推定されており、今後の研究課題として残されている。

以上を要約するならば、本論文は、軽い原子核の構造の包括的理解にとって α 的分子的構造の観点が必要であることを示し、殻模型的様相との共存と構造変化の特徴を理論的に明らかにしたものであり、原子核構造の理論的研究に寄与するところが大きい。参考論文は、申請者の原子核物理学におけるすぐれた研究能力と学識を示すものである。

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。