

すが 原 ま すみ
菅 原 真 澄

授 与 学 位 理 学 博 士
学位授与年月日 昭和37年12月12日
学位記番号 理 第 7 号
学位授与の根拠法規 学位規則第5条第2項

学 位 論 文 題 目 ^{24}Mg と ^{28}Si 原子核に
よる r 線の共鳴散乱

論 文 審 査 委 員 東北大学教授 木 村 一 治
東北大学教授 森 田 右
東北大学助教授 庄 田 勝 房
東北大学助教授 陸 路 直

論 文 内 容 要 旨

原子核による γ 線の吸収散乱の問題は古くから核構造を知るための有力な手段として研究されてきた。原子の場合にはよく知られている光子の共鳴散乱がエネルギーの高い γ 線の領域で原子核によつても生ずるといふ事はすでに1929年にKuhnによつて予言されている。しかし γ 線を放出する核が反跳を受けて放出 γ 線のエネルギーが変化する等の難点により、共鳴現象が実際に測定されるようになったのは1950年代になつてからである。これより先、1946年にSchiffが電子の制動輻射による γ 線を使えば核から放出される γ 線のもつ難点を解決できることを示し、種々の電子加速器例えばベータトロン、バンデグラフ、ライナック等を使用して共鳴散乱の研究が始められた。強い共鳴散乱を示す原子核は現在のところ、質量数が40以下の軽い核にかぎられており、重い核では強い共鳴を示すものは知られていない。代表的な例を挙げれば ${}^6\text{Li}$ の3.56MeV励起準位、 ${}^{12}\text{C}$ の15.1MeV励起準位、 ${}^{28}\text{Si}$ の11MeV附近の励起準位、 ${}^{24}\text{Mg}$ の10MeV附近の励起準位によるものがある。もつとも有名な ${}^{12}\text{C}$ の15.1MeV励起準位については相当くわしい報告がなされており、この準位からの遷移の大部分は磁気的二重極輻射によつて直接基底状態に移ることが知られている。Fuller等の測定によればこの励起準位の平均寿命は 10^{-17} 秒である。 ${}^{24}\text{Mg}$ 、 ${}^{28}\text{Si}$ については二、三の測定値があるがお互いに50乃至100倍のくい違いがあり、 ${}^{12}\text{C}$ の遷移とよく似ているという以外にはつきりしていない。この論文では ${}^{24}\text{Mg}$ 、 ${}^{28}\text{Si}$ について精密な測定を行ない、上記のくい違いを正し、共鳴準位の正確な知識を求めることに主眼を置いた。

使用した入射 γ 線源は東北大学25MeVベータトロンであつて、これによつて加速された電子は白金の標的に当り制動輻射を発生する。制動輻射による γ 線はSchiffによつて計算されたように連続スペクトルを持つ。したがつて充分高い電子線から発生した制動輻射を使用すれば、共鳴散乱を示す準位があるならこの γ 線に照射された散乱体から線スペクトルをもつた散乱 γ 線が発生する筈である。このようにして発生した散乱 γ 線はNaI(Tl)蛍光体を使用して検出した。制動輻射の最大エネルギーがこの共鳴散乱を起す準位の励起エネルギーに達しなければ共鳴散乱による γ 線は発生しないから、制動輻射の最大エネルギーを変化させて散乱 γ 線量を調べれば共鳴散乱を起す励起準位のエネルギーを知ることができる。こうして調べた結果 ${}^{24}\text{Mg}$ の場合には10.2MeVと9.3MeVの2カ所にはつきりした共鳴散乱を起す準位のあることが判つた。これはTobinの結果が10.15MeV、Nercyの結果が10.5MeVに一本の準位があるとしているのには一致しない。 ${}^{28}\text{Si}$ の場合には11.3MeVに励起準位があることが判つた。この場合はTobinの11.4MeV、Nercyの11.2MeVと合つている。この他に ${}^{28}\text{Si}$ には9.8MeVの励起エネルギーのところ弱い共鳴散乱を示す準位の存在していることが判つた。

入射 γ 線が入射してくる途中に散乱体と同じ物質を吸収体として置けば入射 γ 線スペクトルの中に吸収線スペクトルがあらわれ、そのエネルギーは励起準位のエネルギーと一致する。したがつて散乱体から散乱してくる γ 線量は、吸収体を置くことによつて減少する。この減少量から励起準位のエネルギー巾つまり寿命が知られる訳である。勿論この場合には吸収体と散乱体中における核の熱運動のために見かけ上の巾が静止している核の場合と異つていることに注意しなければならない。この核の運動による広がり10MeV程度の大きさであるから、核の準位巾がこの程度、或いはこれ以下の場合には注意を要する。このようにして求めた準位のエネルギー巾は ${}^{24}\text{Mg}$ の10.2MeV準位では $(3.8^{+1.2}_{-0.6})$ eV、9.3MeVの準位は0.9 eV、 ${}^{28}\text{Si}$ の11.3MeV準位は (8.3 ± 2.5) eVであつた。この値はTobinの値と大体一致するがNercyの値とは大きく違つている。この違いはNercyの値は核の運動による準位巾の広がり共鳴の準位の実際の巾よりも非常に小さいとし無視して計算を行

なつたことにある。更に共鳴準位の遷移形式に問題のあることが Seward によつて指摘されている。

励起準位の準位巾及び散乱断面積の大きさから、 ^{24}Mg の10.2MeV, 9.3MeV 準位と ^{28}Si の11.3 MeV 準位のアイントピックスピン, スピン, パリティはそれぞれ1, 1, 偶であることが確定的である。これらの準位からの遷移は磁氣的二重極輻射による基底状態への移行であつて、これらの結果は ^{12}C の15.1 MeV 準位とよく似た準位であることを示している。アイントピックスピンが1ならば、アイントピックスピンの第三成分だけが異なる類似の準位が ^{24}Mg の場合は ^{24}Na に、 ^{28}Si の場合は ^{28}Al に存在する筈であり、これは ^{24}Na , ^{28}Al の実験値とよく一致している。更にこのような準位は ^{12}C の例にみられるように陽子の非弾性散乱を強くひき起す筈である。エネルギーが185 MeV の陽子散乱の場合にこの準位に対応すると思われる非弾性散乱が ^{24}Mg , ^{28}Si の両方の場合に強くあらわれる事がTyrénによつて観測されており、散乱の断面積もこの実験で得られた測定値から計算したものと一致している。同様の事は電子の非弾性散乱の場合にもあり、Barberによつて42.5 MeV 電子で行われた ^{28}Si の結果は今度の測定値と矛盾していない。

参 考 文 献

Barber, W. C.	Phys. Rev.	<u>120</u>	2081	('60)
Fuller, E. G.	" "	<u>106</u>	991	('57)
Kuhn, W.	Phil. Mag.	<u>8</u>	625	('29)
Nercy, B.	Jour. Phys. Rad.	<u>21</u>	293	('60)
	Comptes Rendas	<u>250</u>	1252	('60)
	Jour. Phys. Rad.	<u>22</u>	250	('61)
Seward, F. D.	Phys. Rev.	<u>125</u>	335	('62)
Schiff, L. I.	"	<u>70</u>	761	('46)
	"	<u>83</u>	52	('51)
Tobin, R. A.	"	<u>120</u>	175	('60)
Tyrén, H.	Nucl. Phys.	<u>6</u>	446	('58)

論 文 審 査 要 旨

菅原真澄の論文は、 Mg^{24} 及び Si^{28} の原子核によるガンマ線の共鳴散乱を分析したもので10章及び附録からなっている。菅原は東北大学25 MeVベータトロンよりの制動輻射ガンマ線を用い、従来あまり明かでなかつたMg及びSiの粒子放出しきい値以下の比較的低エネルギーガンマ線の散鳴散乱に関して、その共鳴エネルギー、共鳴準位巾、共鳴準位のスピン、パリティ、準位遷移のモードなどをくわしく解析考察した。

初めの2章で著者は問題の概観をのべているが、当面の問題が核物理学の中でどういう意味があるか、いかなる位置を占めているかを適切に表現し、素養の深さを示している。これは大切なことで、未熟な研究者に往々見られる弱点を少しも示していない。次の2章においては、制動輻射をガンマ線源とする場合の実験上の考察を行なつておおむね適切である。第5章においては測定装置についてくわしく述べてあるが、この種の実験装置としては世界的にみても一流に属する精度と機能を有するものと思われる。加速機及び8 Na J (T1) シンチレーションヘッドは既設のものであるがビーム引き出し装置と測定装置の大部分は著者の新しく試作したものである。測定はMg及びSiについて行われ、これらの同位体非分離純元素をターゲット物質及び吸収体とした。Mg及びSiターゲットに制動輻射を照射した場合の散乱ガンマ線のスペクトルをそれぞれ、Mg及びSiの吸収体のある場合及び無い場合につき測定し、Mgには10 MeV附近及び8 MeVに共鳴散乱があるが、これは同じMgの吸収体によつて強く吸収されること、Siには約11.3 MeV、約9.8 MeVに同様な共鳴散乱のあることが見出された。これらの共鳴エネルギーを更に正確に求めるために加速エネルギーを細かく変えた励起函数を求めた。その結果Mgでは9.3 MeV、10.2 MeV、Siでは9.8 MeV、11.3 MeVと測定され、これらはいずれも主な同位元素 Mg^{24} 、 Si^{28} によるものと考察された。第8章以下で測定結果の解析を行なっている。その方法は正統的なもので特に目新しくはないが適切と考えられる。この場合、原子核の熱振動によるドップラー巾 δ の影響を正しく入れてある。励起準位の崩壊の全巾 Γ と弾性散乱の巾 Γ_r との比は殆んど1に近いものと仮定された。これを別の実験(たとえばターゲット及び吸収体の温度をかえるとか)によつて独立に決定することは望ましいことであるが、實際上不可能に近いことであり、また、 Γ_r/Γ の比を1に近いと仮定することがそれ程誤りを犯すものではないとの著者の判断には大体同意することができる。

Mg^{24} の0.2 MeV、9.3 MeV準位、 Si^{28} の11.3 MeV準位のアイソスピン、スピン、パリティは、いずれも1、 1^+ 遷移は大體M1であろうと結論された。もしそうであるなら、同じアイソスピンの Na^{24} 及び Al^{28} にそれらに対応する準位があるはずで、このことは既知の資料とよく一致することを示した。

第10章で、他の実験との比較考察を行なっている。高エネルギー陽子のスピンスピン散乱、電子線の非弾性散乱など外国で行われた実験結果と比較して、本研究の結論とむじゅんしないことが確かめられた。

本測定が行われたころ、同様な研究は米国のTobinやフランスのNercyらによつて行なわれたがTobinより正確な実験により、 Mg^{24} の場合、10.2 MeVと9.3 MeVを分解して解析しており、またNercyはドブラー巾 δ について、不適当な取り扱いをしており、現著者の方が、他の方面の研究から得られる結論とも融和しうる準位巾 Γ を得ている。

尙本論文には附録があるが、これは、粒子放出のしきい値以下におけるガンマ線散乱断面積の絶対値に対する考察で、資料は他の測定及び著者も共著者の一人となつている研究をもととしたものである。著者は、散乱断面積のガンマ線エネルギー及び散乱核の質量数Aに対する依存性から、原

子核を屈折率の非常に大きい誘電体球としたガンマ線の Rayleigh 散乱と考えられると述べている。これは一見珍奇な仮説で従来の原子核理論と大いに異なる。もちろんこの仮説が証明されたわけではないが、検討に値するものであり、著者が新鮮で柔軟な頭脳の持主であることを示している。

以上を総括すると、実験データはやや不足の点もあるが、その解析は精わしく充分適正であると思われる。更に著者はこの研究を通して、単に核物理学のみならず、物理そのものに深い理解と洞察力をもっていることがうかがわれる。よつて菅原真澄の提出した論文は、理学博士の学位論文として合格と認める。