

氏名・(本籍)	浦野隆夫
学位の種類	理学博士
学位記番号	理博第654号
学位授与年月日	昭和55年3月25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	東北大学大学院理学研究科 (博士課程)原子核理学専攻
学位論文題目	$^{196}\text{Pt}(e, \alpha)$ 反応の研究
論文審査委員	(主査) 教授 庄田勝房 教授 佐藤岩男 助教授 菅原真澄

論 文 目 次

- 第1章 序
- 第2章 実験装置
 - 2-1 多線比例計数管
 - 2-2 データ集積系
- 第3章 実験の方法
 - 3-1 ターゲット
 - 3-2 仮想光子スペクトル
 - 3-3 制動輻射による照射
 - 3-4 バックグラウンドの差し引き
 - 3-5 Least Structure Method
- 第4章 (γ, α) 反応断面積と γ 線の吸収モード
 - 4-1 電子線又は制動輻射による α 粒子収率曲線
 - 4-2 (γ, α) 反応断面積の導出
 - 4-3 巨大共鳴を越えた領域での γ 線の吸収モード
- 第5章 前平衡過程の理論による計算
 - 5-1 前平衡過程の理論
 - 5-2 エネルギースペクトルの計算
 - 5-3 (γ, α) 反応断面積の計算
- 第6章 結 論
- 謝 辞
- 文 献

論文内容要旨

第1章 序

(ρ, α), (γ, α) 反応の研究における現在の課題は以下のように考えられる。

- ① エネルギースペクトルのうち、統計理論で説明されない部分(スペクトルの高エネルギー側、及び重い核でのスペクトル)の反応機構を解明する事。
- ② (γ, α) 反応断面積で、 $E1$ 巨大共鳴を越えた領域での断面積の反応機構を解明する事。
- ③ 反応に関与する励起モードを明らかにする事。

本研究は、これらの課題に答える手がかりを与える事を目指した。

第2章 実験装置

実験は、東北大学理学部原子核理学研究施設の 300 MeV 電子線形加速器からの電子線を用いて行なった。標的核から放出される α 粒子は、広帯域分析電磁石で運動量分析し、多線比例計数管で検出した。

第3章 実験の方法

ターゲットは、同位体存在比で 54.89 % に濃縮した ^{196}Pt を用いた。厚さは $4.49\text{mg}/\text{cm}^2$ である。

電子の非弾性散乱による原子核の励起は、仮想光子の“吸収”による励起として解析した。仮想光子スペクトルとしては、歪曲波ボルン近似の計算値に合わせた近似式を用いた。

励起モードの研究を行なうのに、制動輻射による実光子スペクトルと、仮想光子スペクトルとの違いを利用する。前者は、各励起モードが同じ強さで含まれるが、後者は、励起モードによって強さが異なる。ターゲットの直前に、制動輻射発生用の radiator を置いて、発生する制動輻射を電子線と同時にターゲットに照射し、電子線だけの照射による場合と比較した。

α 粒子の収率曲線から (γ, α) 反応断面積を求めるのに、Least Structure Method を用いた。これは、測定誤差の範囲内で最も構造のない断面積を解として選ぶものである。

第4章 (γ, α) 反応断面積と γ 線の吸収モード

(γ, α) 反応断面積 σ^{total} を、 $E1$ 励起による断面積 σ^{E1} と $E2$ 励起による断面積 σ^{E2} とに分ける。更に、電子線照射による α 粒子の収率を $Y_{e,\alpha}$ 、制動輻射の照射による収率を $Y_{\gamma,\alpha}$ 、仮想光子スペクトルを N_{VP}^{E1} 及び N_{VP}^{E2} 、制動輻射実光子スペクトルを N_{RP} とすると、次のようになる。

$$\sigma^{\text{total}} = \sigma^{E1} + \sigma^{E2} \quad (1)$$

$$Y_{e,\alpha} = \int (\sigma^{E1} N_{\text{VP}}^{E1} + \sigma^{E2} N_{\text{VP}}^{E2}) dE$$

$$= \int \{ \sigma^{\text{total}} N_{\text{VP}}^{\text{E1}} + \sigma^{\text{E2}} (N_{\text{VP}}^{\text{E2}} - N_{\text{VP}}^{\text{E1}}) \} dE \quad (2)$$

$$Y_{r,\alpha} = \int \sigma^{\text{total}} N_{\text{RP}} dE \quad (3)$$

従って、(3)式より σ^{total} を求めそれを(2)式に代入すれば、 σ^{E2} を求める事ができる。

$$Y_{e,\alpha} - \int \sigma^{\text{total}} N_{\text{VP}}^{\text{E1}} dE = \int \sigma^{\text{E2}} (N_{\text{VP}}^{\text{E2}} - N_{\text{VP}}^{\text{E1}}) dE \quad (4)$$

解析の結果、(4)式の左辺の値が持つ誤差は非常に大きくなり、Least Structure Method では σ^{E2} は横一直線となり、断面積の形についての情報は得られない。従って、 σ^{E2} を 20MeV から 65 MeV までの矩形と仮定し、その大きさだけを議論する事とした。このようにして求めた σ^{E1} と σ^{E2} は第1図の通りである。20MeV から 65MeV まで積分した断面積、及びその Energy Weighted Sum Rule の値に占める割合は、第1表の通りである。

E1 巨大共鳴からの α 粒子放出は、クーロン障壁によって全く抑えられている。

第1表 $\int \frac{d\sigma}{d\Omega} dE_r$ と Sum Rule 比

20 ~ 65 MeV

	$\int \frac{d\sigma}{d\Omega} dE_r$ ($\mu\text{b} \cdot \text{MeV}/\text{sr}$)	Sum Rule Value Ratio(%)
total	370 \pm 70	
E 1	330 \pm 71	0.15 \pm 0.03
E 2	40 \pm 11	0.12 \pm 0.03

第5章 前平衡過程の理論による計算

$^{196}\text{Pt}(e, \alpha)$ による α 粒子は、強い前方ピークを示す事から、前平衡過程又は直接過程による放出が考えられる。本研究では、前平衡過程の理論による計算を行ない、実験値と比較した。

前平衡過程の計算は、励起子模型による定式化を用いた。これによれば、反応の初めに形成された粒子-空孔対が、二体相互作用により次第に複雑な粒子-空孔状態に移行して、最後に平衡状態に達する。異なる状態間の遷移確率は、チャンネルのエネルギーによらない平均的な値で記述される。粒子の放出は、平衡化の途中にある各状態から、統計的な確率に従って行なわれる。

粒子の放出は、中性子、陽子、 α 粒子の放出のみを考え、一つの原子核からは最大1個の粒子しか放出されないとした。

エネルギースペクトルの計算では、前章で求めた (r, α) 反応断面積を用いた。結果は第2図のようになる。ピークのエネルギー、高エネルギー側のすそ等で、統計理論による計算結果より、実験値との一致はかなり良くなっている。

前平衡過程の理論に基づく (r, α) 反応断面積の計算では、準重陽子による r 線の吸収を仮定

した。結果は第 3 図の通りである。絶対値は合わないが、形はよく再現されている。

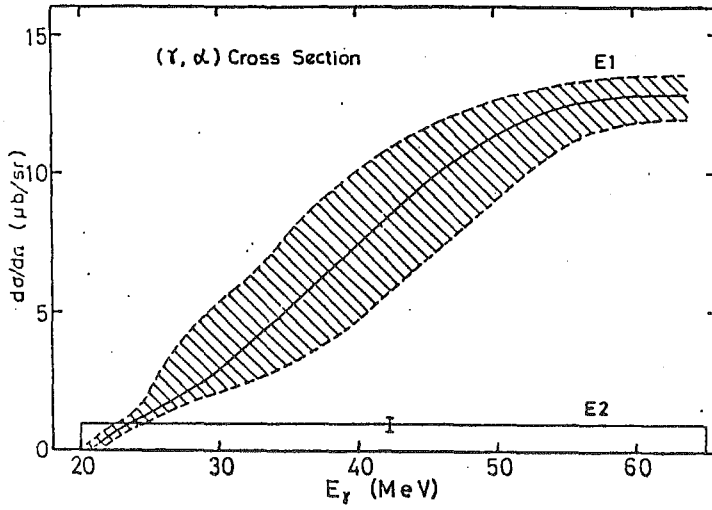
第 6 章 結 論

本研究で、Zr より重い核の (γ , α) 反応断面積が初めて得られた。

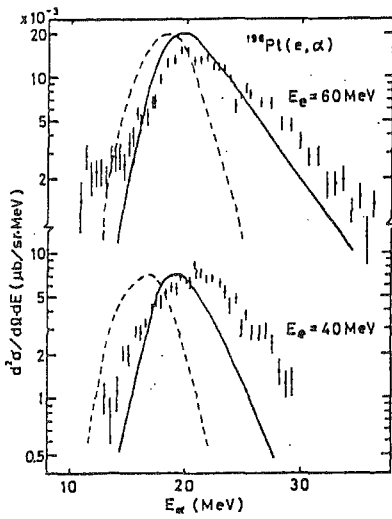
E1 巨大共鳴からの α 粒子放出は、クーロン障壁によって全く抑えられ、20 MeV 付近からゆるやかに大きくなる断面積だけが得られた。

仮想光子スペクトルと制動輻射実光子スペクトルとの違いを利用して、(γ , α) 反応断面積を E1 成分と E2 成分とに分離した。E1 成分が主であるが、E2 成分の存在は歴然としている。

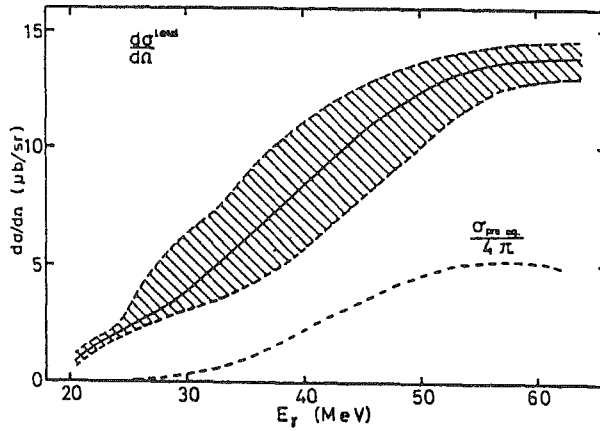
α 粒子の角分布が強い前方ピークを示す事から、前平衡過程又は直接過程による反応であると考えられる。励起子模型による前平衡過程の理論を用いて、エネルギースペクトル及び (γ , α) 反応断面積の計算を行なった。実験値との一致は十分ではないが、重要な手がかりを与えてくれ、この反応を説明する可能性を持った有力な理論であると言える。



第1図 (γ, α) 断面積の E1 及び E2 成分
(E2 は矩形を仮定)



第2図 前平衡過程の理論によるエネルギースペクトルの計算(実線)。破線は統計理論による計算値を規格化したもの。



第3図 前平衡過程の理論による (γ, α) 断面積の計算値(破線)。斜線つき実線は実験値。

論文審査の結果の要旨

浦野隆夫提出の論文は(e, α)反応を用いて ^{196}Pt の高励起状態をしらべこの反応の機構を研究したものである。

原子核の電磁相互作用による粒子放出は中性子、陽子が主体である。従前の研究はほとんどこれらの放出粒子を測定することによって行なわれてきた。これら単一核子放出のほか複数核子で構成される α 、 d 、 t 等の放出は原子核内における反応機構をより良く反映すると考えられる。 α 粒子の光生成率は陽子の場合の約10%程度と考えられており実験の困難性のため研究はあまり行なわれていなかった。

著者は東北大学理学部原子核理学研究施設の電子リニアックからの大強度ビームを用い広域電磁石スペクトロメータ及び多線比例計数管を用いて(e, α)反応による放出 α 粒子のエネルギー分布、断面積、角分布を測定した。断面積に関してはこのほかに制動輻射を含んだビームによる α 粒子生成量をも測定し(e, α)反応断面積と組合せ、 E_1 、 E_2 電磁相互作用依存性の違いを利用して(r, α)反応の両成分を分離した。結果によれば E_1 成分は巨大共鳴における断面積が非常に小さく、それをこえた約20 MeV以上で断面積が増大する。 E_2 成分は積分断面積が E_1 のその約10%程度である。

著者は実験結果を検討するために前平衡過程の理論を用いてこの反応の計算を行なった。結果によれば、エネルギー分布に関してピークのエネルギー及び高エネルギー部分の生成量の実験値との一致は未だ完全ではないが大体の形及び強度を説明出来る。角分布は実験結果において前方ピークを示すがこれも前平衡過程を支持する。 (r, α) 断面積に関しては準重陽子模型による光子の吸収と前平衡過程の理論を組合せて計算した結果、絶対値においては実験結果を十分説明しないが相対的断面積の傾向を良く説明する。この反応の検討はこの論文が最初であるが前平衡過程はこの反応機構の重要な手がかりを与える事が示された。

以上この論文はその内容に見られる様に著者が自立して研究活動を行うに必要な高度の研究能力と学識を有することを示している。よって浦野隆夫提出の論文は理学博士の学位論文として合格と認める。