

氏名(本籍)	やま ぐち みつ たか 山口 充 孝(群馬県)
学位の種類	博士(理学)
学位記番号	博甲第3011号
学位授与年月日	平成14年11月30日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審査研究科	物理学研究科
学位論文題目	Measurement of Proton Polarization in $^{208}\text{Pb}(d, p)^{209}\text{Pb}$ Reaction at Incident Deuteron Energy of 20MeV (入射重陽子エネルギー 20MeV での $^{208}\text{Pb}(d, p)^{209}\text{Pb}$ 反応における陽子偏極度の測定)
主査	筑波大学教授 理学博士 古野 興 平
副査	筑波大学助教授 理学博士 青木 保 夫
副査	筑波大学助教授 理学博士 田 岸 義 宏
副査	筑波大学講師 理学博士 宇 根 司

論文の内容の要旨

水素の同位体である重水素の原子核(重陽子)は1個の陽子と1個の中性子が結合している。この重陽子が他の原子核(標的核)と衝突して原子核反応を起こすとき、1個の中性子が相手の標的核に捕獲され、1個の陽子が放出される。これが(d,p)反応であるが、その反応機構は複合核過程とは対照的な直接過程であり、原子核内の中性子軌道の特徴が微分断面積に顕著に反映されるという特徴がある。したがってこの反応は原子核構造および原子核反応機構の解明に対する重要な手段となる。今までの研究における実験観測量は、①重陽子も標的核もスピンの偏りが無い状態で測定された微分断面積、及び②スピンの偏りを持つ重陽子(偏極重陽子)を用いた際に観測される陽子の放射非対称度(偏極分解能)であり、これらの実験データを直接反応過程に基づく理論計算と比較することによって反応機構が研究されて来た。本論文は、 $^{208}\text{Pb}(d, p)^{209}\text{Pb}$ 反応に関して、微分断面積、偏極分解能に加えて、放出陽子のスピンの偏り(偏極度)を測定し、(d,p)反応機構のより詳細な解明に向けて新たな情報を与えたものである。放出陽子の偏極度に関する実験データは、今まで錫以下の軽い原子核を標的とするものに限られ、重い原子核に対するデータは皆無であった。

そこで著者は重い標的核の(d,p)反応における放出陽子の偏極度を測定するため、独自のポラリメータを開発し、それを用いて入射重陽子20MeVにおける $^{208}\text{Pb}(d, p)^{209}\text{Pb}(9/2^+)$ 反応で放出される陽子の偏極度測定を行なった。放出陽子の偏極度を測定するためには、この陽子をさらに原子核散乱させ、左右の非対称を測定する必要がある。このような測定系をポラリメータと呼ぶが、陽子検出効率の著しい低下がこの測定系における最大の短所である。エネルギーが20MeV領域における陽子ビームの偏極度測定には、 ^4He との弾性散乱が適しているが、通常取り扱いの容易な気体ヘリウムでは密度が低いため高い効率が得られない。そこで著者はこの問題を解決するため、密度が気体の約700倍である液体ヘリウムを用いた。液体ヘリウムは蒸発熱が小さいので、ヘリウム貯留槽は外部からの熱流入を極力防がねばならず、高度の低温技術が要求される。著者の努力によって6リットルの液体ヘリウムを24時間維持し、その間、陽子偏極度の連続測定が可能となった。このポラリメータの性能評価は入射陽子エネルギー16MeVから22MeVの範囲で行なわれ、その結果はモンテカルロ・シミュレーションと誤差の範囲で一致した。続いてこのポラリメータを加速器センターのQDQ型磁気分析器の焦点位置に設置し、 $^{208}\text{Pb}(d, p)^{209}\text{Pb}$ 反応で放出された陽子を磁気分析器によって運動量選別した後ポラリメータに入射した。偏極度の測定は、陽

子放出角30度から100度までの間の6点について行なわれ、90度より前方角度において誤差の範囲で0という結果を得た。

この実験結果は、現在核反応機構の理論として広く用いられている歪曲波ボルン近似 (DWBA), 並びにそれに重陽子の分解過程および反対称化の効果を厳密に取り入れた計算とは大きな食い違いを示すことが明らかになった。すなわち理論的陽子偏極度は前方角度において有意に負の値を示すのに対して、実験値は上記のとおり殆ど0である。同じ $^{208}\text{Pb}(d,p)^{209}\text{Pb}$ 反応における他の観測量、特に、微分断面積とベクトル偏極分解能は同様の解析で実験値と理論値はほぼ一致する。一方、これまでに入射重陽子エネルギー18MeVにおいて ^{12}C , ^{28}Si , ^{40}Ca , ^{52}Cr , ^{90}Zr による(d,p)反応の放出陽子の偏極度が測定されており、DWBAによる解析結果は実験値をよく再現している。鉛のような重い原子核においては微分断面積や偏極分解能の測定はあるが、放出陽子の偏極度の測定は行われていない。今回初めて観測された $^{208}\text{Pb}(d,p)$ 反応における前方角陽子偏極度の理論と実験の大きな食い違いは、これまでの核反応機構の理論解析が未だに不十分であることを示唆する。その一つの原因として重陽子と原子核のテンソル相互作用の効果を無視していることが挙げられ、これらの効果を取り入れた解析の必要性を示している。また実験においては、さらに広い範囲の原子核における(d,p)反応の放出陽子偏極度の系統的な測定の重要性を示している。

審 査 の 結 果 の 要 旨

核反応機構の研究において、これまで主として微分断面積および偏極分解能の測定が行われているが、本研究において、それらとは独立な物理量として(d,p)反応における放出陽子偏極度の測定が、従来、実験が皆無であった重い原子核を標的として $^{208}\text{Pb}(d,p)^{209}\text{Pb}(9/2^+)$ 反応について行われた。この測定は、液体ヘリウムを用いた高効率の陽子偏極ポラリメータを用いてなされたもので、これによって今後、筑波大加速器センターを始め他の機関においても陽子偏極度の系統的な測定が可能となった。複雑な低温装置の綿密な設計、組み立て、試験、並びにポラリメータとしての性能評価は、著者の原子核物理学以外の物理に関する深い理解と継続的な忍耐力を示すものとして高く評価される。

本論文において測定された陽子偏極度の値は、数例の報告がある軽い原子核の(d,p)反応における陽子偏極度とは大きく異なり、現在、直接反応過程による核反応理論では再現することができない。その原因については未だ解明されていないが、本論文の実験及び解析の結果は、少なくともこれまでの反応機構理論が不十分であること、及び今後の系統的な偏極度測定の重要性を指摘しており、一層精密な原子核反応理論の展開を促すものとして高く評価される。

よって、著者は博士(理学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。