

氏 名 (本 籍)	酒 井 隆 行 (東 京 都)
学 位 の 種 類	理 学 博 士
学 位 記 番 号	博 甲 第 732 号
学位授与年月日	平成 2 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 1 項該当
審 査 研 究 科	物 理 学 研 究 科
学 位 論 文 題 目	Cross Sections, Vector-and Tensor-Analyzing Powers for the Reaction ${}^3\text{He} (d, p) {}^4\text{He}$ at $E_d = 12 - 22 \text{ MeV}$ (重陽子エネルギー 12-22 MeV における ${}^3\text{He} (d, p) {}^4\text{He}$ 反応の微分断面積 とベクトルおよびテンソル分析能)
主 査	筑波大学教授 理学博士 八 木 浩 輔
副 査	筑波大学教授 理学博士 山 内 幹 雄
副 査	筑波大学助教授 理学博士 田 岸 義 宏
副 査	筑波大学助教授 理学博士 青 木 保 夫

## 論 文 の 要 旨

スピン偏極した重陽子による原子核反応実験においては、重陽子の偏極度を精度よく測定することのできるポラリメーターが必要不可欠である。重陽子はスピン 1 の粒子であるので、ベクトル偏極分析能  $iT_{11}$  のほかに、3 種類のテンソル偏極分析能  $T_{20}$ ,  $T_{21}$ ,  $T_{22}$  の値が必要となる。

著者は、 ${}^3\text{He} (d, p) {}^4\text{He}$  反応が以下の理由で重陽子ポラリメーターとして極めて適切であることに着目した。(1)終核 ${}^4\text{He}$ が単純な構造をもち、放出陽子スペクトルが孤立した線スペクトルを示す。(2)反応 Q 値が大きく ( $Q = 18.35 \text{ MeV}$ )、放出陽子を散乱槽から容易に大気中にとり出して測定できる。(3)ポラリメーターの優秀度  $\sigma T_{kq}^2$  の値が大きい。(4)各分析能  $T_{kq}$  の重陽子エネルギー依存性が小さい。以上の観点から、重陽子エネルギー  $E_d = 12$  から  $22 \text{ MeV}$  の範囲に渡って全種類の分析能  $iT_{11}$ ;  $T_{20}$ ,  $T_{21}$ ,  $T_{22}$  および断面積  $\sigma(\theta)$  の角度分布が精度よく、初めて測定された。実際の測定は、重陽子エネルギー  $E_d = 12, 14, 16, 18, 20, 22 \text{ MeV}$ , 散乱角度範囲  $\theta = 15^\circ - 160^\circ$  でおこなわれた。

さらに、最前方角度  $\theta = 0^\circ - 15^\circ$  については、大形単芯線比例計数管を粒子位置検出器として利用することにより、位置スペクトルから一挙に角度分布を得て、分析能および断面積の測定をおこなった。

重陽子ポラリメーターは、その分析能、特にテンソン分析能の絶対値が正確に較正されていなければならない。著者は、 ${}^{16}\text{O} (d, a) {}^{14}\text{N} (0^+, 1 \text{ st})$  反応が以下のような特徴をもつことに着目してこれをおこなった: $0^+ + 1^+ \rightarrow 0 + 0^+$  のスピンおよびパリティ構造をもつ反応は、パリティおよび角運動量保存の基に、その反応メカニズム、エネルギー、散乱角に依らず、テンソル分析能

$T_{20}=1/\sqrt{2}$ ,  $T_{22}=\sqrt{3/2}$ という一定値をもつ。

すべての分析能および断面積の系統的誤差が詳細に検討され、ベクトル分析能  $iT_{11}$ , テンソル分析能  $T_{2q}$ , 断面積  $\sigma(\theta)$  のもつ系統誤差は、それぞれ 0.03, 0.04, 3 % 以内であることが判明した。これらのデータに基づき、すべての分析能に対して、等高線, Contour plot, すなわち  $E_d-\theta$  平面上の  $T^{kq}$  等値線が得られ、 ${}^3\text{He}(d,p){}^4\text{He}$  反応の重陽子ポラリメーターとしての性能が明白となった。

次に著者は、反応  ${}^3\text{He}(d,p){}^4\text{He}$  の反応メカニズムを解明している。歪曲波ボルン近似 (DWBA) に基づく計算をおこない、この反応が直接反応、特に重陽子ストリッピング反応過程によることを示した。すなわち、入射重陽子内の中性子は軌道角運動量ゼロ (s 波) で標的核に移行されて  ${}^4\text{He}$  核を形成し、同時に重陽子内の陽子はこの情報をもって主に前方方向に放出される。計算は、 $0^\circ \leq \theta \leq 120^\circ$  の範囲の微分断面積の絶対値と角度分布を極めて良く実現している。ベクトル分析能  $iT_{11}$  の角度分布の再現性も良い。さらに著者は、(1) 入射重陽子が標的核  ${}^3\text{He}$  内の陽子を 1 個直接たたき出し、自身はそのあとに納まる過程、すなわちノック・オン過程、(2) より重い標的核の場合の DWBA では無視できることが明白であるが、 ${}^3\text{He}$  標的では無視が自明できない残留相互作用による効果、の詳しい評価をおこない、両者の寄与が小さいことを示した。またこの計算で無視した歪曲ポテンシャルのテンソル相互作用、前記残留相互作用におけるスピン依存型相互作用が、テンソル分析能の角度分布のより良い再現をもたらす可能性を指摘している。

## 審 査 の 要 旨

この論文のオリジナルティーは、(1)  ${}^3\text{He}(d,p){}^4\text{He}$  の反応のベクトル分析能  $iT_{11}$ , すべてのテンソル分析能  $T_{20}$ ,  $T_{21}$ ,  $T_{22}$ , および微分断面積  $\sigma(\theta)$  を重陽子エネルギー 12–22 MeV の領域でよい精度で測定し、この反応の重陽子ポラリメーターとしての性能を確立したこと、(2)  ${}^3\text{He}(d,p){}^4\text{He}$  反応の主な反応メカニズムを解明したことである。(1)の結果は、実験原子核物理学に貴重なデータを提供し、(2)は、原子核物理学における相互作用および核反応の研究に寄与すると思われ、成果は高く評価されてよい。

よって、著者は理学博士の学位を受けるに十分な資格があるものとみとめる。