

氏名・(本籍)	阿部浩也
学位の種類	理学博士
学位記番号	理博第120号
学位授与年月日	昭和41年10月19日
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当
研究科専門課程	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	$He^3$ により弾性散乱されたProtonの Polarizationの測定
論文審査委員	(主査) 教授 武田 暁 教授 森田 右 教授 木村 一治

## 論文目次

- I 序論
- II 実験装置
- III 実験
- IV Phase Shift Analysis
- V Discussion

# 論 文 内 容 要 旨

## I 序 論

この研究の目的は、数MeV以下での $p\text{-He}^3$  elastic scattering における proton の polarization の測定から  $\text{Li}^4$  に関する information を得ることである。

粒子として安定な  $\text{Li}^4$  の存在は、以前より考えられていたが最近  $\text{He}^4$  の  $0^+$  excited state が 20MeV 付近に見い出されて新たに話題にのぼるようになった。この、state が isotopic spin  $T=1$  なら安定な  $\text{Li}^4$  や  $\text{H}^4$  が存在する可能性がある。そして、これらの bound された  $\text{Li}^4$  や  $\text{H}^4$  を直接さがす実験がいくつかなされたが、いずれもその存在に対し、negative な結果を与えている。一方  $p\text{-He}^3$  elastic scattering に対する研究もかなりなされている。従来のは、elastic scattering の cross section の測定とそれに対する phase shift analysis であった。しかしそれらは P-wave の splitting は考慮していなかった。ごく最近になり、McDonald et al.<sup>1)</sup> により、4~13 MeV にわたり  $p\text{-He}^3$  elastic scattering の polarization が測定されかなり大きな値をもつことが示された。又 Skakun et al.<sup>2)</sup> も 4 MeV 以下で polarization を測定したが、McDonald の測定結果と大きな相違を示した。

ところで P-wave の splitting を考慮した phase shift analysis が Tombrello<sup>3)</sup> によりなされた。彼は McDonald の polarization の測定結果と cross section の測定結果の両方を考慮した。そして、得られた phase shift の値を使って polarization の値を計算したが、Skakun et al. の測定と大きな相違を示した。

この実験で 4 MeV 以下での polarization のこの様なちがいを確かめ、正確な phase shift を求めるための data を得た。最後に得られた polarization の結果を取り入れて phase shift analysis を試みた。

## II 実 験 装 置

測定方法として、double scattering method が採用され、大散乱槽を用いて測定された。Fig 1 に実験装置の配置を示す。T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> はそれぞれ、第1, 第2 target, D は detector, M は monitor である。第1 target gas として、 $\text{He}^3$  (約 3.38 kg/cm<sup>2</sup>)、第2 target gas として  $\text{He}^4$  (約 1.4 kg/cm<sup>2</sup>) が使用された。detector 及び monitor として、solid state detector が使用され、その output pulse は low noise amp により増巾され、detector からの pulse height spectrum は P H A により記録された。monitor からの pulse は scaler により計数された。

## III 実 験

Polarization の値はよく知られているように left-right asymmetry ratio R と次の関

係にある。

$$R = \frac{\text{L-Lに対する計数値}}{\text{R-Lに対する計数値}} = \frac{1 + P_1 P_2}{1 - P_1 P_2}$$

ここで、 $P_1$ 、 $P_2$  はそれぞれ第1散乱、第2散乱における proton の polarization の値である。真中の項の分子は初め incident beam の左側へ散乱、続いて、その散乱 beam の左側へ散乱された場合の計数（L-Lと記す）で、分母は初め右へ続いて左へ散乱された場合の計数（R-L）である。

これら、L-L、R-Lに対する測定から polarization の値が算出された。但しL-L、R-Lの normalization は monitor M の計数によりなされた。得られた polarization の値  $P_1$  を Table 1 に示す。与えられた誤差は統計によるものである。

Table 1

$E_1$	$\theta_1$	$E_2$	$\theta_2$	$P_1$
2.97 MeV	65° (cm)	1.89 MeV	62.1° (cm)	0.264 ± 0.04

$E_1$ 、 $E_2$  はそれぞれ、第1散乱 第2散乱に対する incident energy である。 $\theta_1$ 、 $\theta_2$  はそれらに対応する重心系における散乱角である。

#### IV Phase Shift Analysis

この測定により得られた Polarization の値と Tombrello et al.<sup>4)</sup> により測定された p-He<sup>3</sup> elastic scattering の cross section の値とを使って phase shift analysis を行なった。考慮した phase shift は singlet S-wave, triplet S-wave, singlet P-wave, 3ケの triplet P-wave, singlet D-wave 及び1ケの triplet D-wave phase shift の8つである。triplet D-wave については splitting がないと仮定した。

得られた phase shift の値  $\delta_{S,L}^J$  (S: channel spin, L; orbital angular momentum, J; total angular momentum) を Table 2 に示す。

Table 2

	$E_1$	$\delta_{0,0}^0$	$\delta_{1,0}^1$	$\delta_{0,1}^1$	$\delta_{1,1}^0$	$\delta_{1,1}^1$	$\delta_{1,1}^2$	$\delta_{0,2}^2$	$\delta_{1,2}$
Present	MeV 2.97	-45.1°	-40.2°	16.5°	12.2°	16.3°	29.0°	1.3°	-1.2°
Tombrello	3.01	-39.1°	-41.5°	17.1°	6.4°	18.9°	31.3°	-0.3°	-0.7°

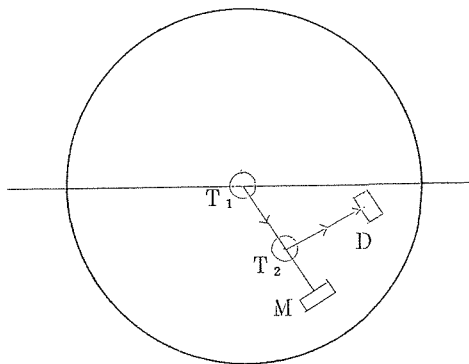
3.01 MeV での値は Tombrello の解析により得られた値である。

## V Discussion

Kavanagh and Parker は  $1\text{ MeV}$  以下で  $p\text{-He}^3$  elastic scattering の cross section を測定し, S-wave を用いて解析しているが, 我々の得た singlet S-wave phase shift は Tombrello の得た結果と共にそれと smooth につながっており, Kavanagh and Parker の  $\text{Li}^4$  の singlet S state の存在に対する negative な答えを支持している。P-wave は  $\delta_{11^\circ}$  に対して以外我々の結果と Tombrello の結果は一致した。又, single level analysis からの予想とも一致した。D-wave phase shift はほとんど無視できる程度であり, 数  $\text{MeV}$  以下ではほとんど寄与しないことがわかった。

得られた polarization 値に対し, Tombrello による polarization の計算値はかなり近い値を示しており, 又 McDonald の結果も当然のことながらその予想と一致している。全般的に見て我々の結果は Skakun et al. より McDonald の測定を支持していると結論できる。

Fig. 1. 実験装置の配置



## 論文審査結果の要旨

$\text{Li}^4$  の原子核構造は核物性学においても、また天体物理学においても重要な問題であるが最近に至るまで実験的な  $\text{Li}^4$  についての知識は極めて少なかった。

この論文では  $\text{He}^3$  に Proton を弾性散乱させ Proton の偏りを測定することによって  $\text{Li}^4$  の核構造について新しい知識を得ることが出来た。

第1章の序論について第2章では実験装置の概略について述べてある。実験は 4 MeV のバンドグラフの Proton を散乱槽にあてる。散乱槽には二つのターゲットが入っており第1ターゲットは散乱槽の中心に位置し、 $\text{He}^3$  のガスタargetである。第2ターゲットは第1ターゲットから散乱された Proton が衝突するよう位置し、 $\text{He}^4$  のガスタargetである。散乱槽の中には第2ターゲットから 50 度の方向に散乱された Proton を測定するために solid state detector が用意されている。

実験は2つのターゲットによる Proton の二重散乱を測ることによりその偏りを測定する。

第3章では実験の方法と結果について述べられている。solid state detector により pulse height の分布を測定すると二重散乱された Proton が detector に入ったための分布と background の分布とが重なってあらわれる。そこで第2ターゲットにガスをつめない時と同じ実験を行ない上記の background を測定しこの background をさし引く操作を行なった。

また第1ターゲットに入射する Proton の総数はモニターカウントによって算出した。実験を行なった Proton のエネルギー及び散乱角は次の通りである。

第1ターゲットでの Proton の入射エネルギーは 2.97 MeV, 散乱角は重心系で  $65^\circ$

第2ターゲットでの Proton の入射エネルギーは 1.89 MeV 散乱角は重心系で  $62.1^\circ$  である。第2ターゲットで左方向に  $62.1^\circ$  及び右方向に  $62.1^\circ$  散乱される Proton の数を測定すると、その差は第1ターゲットで散乱された Proton の偏よりの大きさに関係してくる。

この偏りを計算するには第2ターゲットでの Proton と  $\text{He}^4$  の散乱の知識を独立に知る必要があるがこれは、この散乱の Critchfield と Dodder 及び Miller と Phillips 及び Banard et al. の求めた計算値を使ったその結果 2.97 MeV の Proton が  $\text{He}^3$  で重心系  $65^\circ$  の方向に散乱される時の偏よりの大きさがプラス 0.264, プラス, マイナス 0.033 であることがわかった。

なお第3章の後半では実験誤差について詳細な検討を行ない、そのおもな原因がモニターカウントの誤差, ガスの圧力の変動による誤差, background の引き方の誤差, Proton と  $\text{He}^4$  の散乱についての phase shift analysis の誤差等によることを示した。

第4章ではこうして測定された proton の偏りと他の実験によって知られている Proton  $\text{He}^3$  の弾性散乱の微分断面積及び全断面積を用いて phase shift analysis を行なった。

その結果はこの実験が Tombrello の phase shift analysis と大体一致していることがわかった。

最後の第5章では最終的結果についていろいろな角度から討論が行なわれている。Proton と  $\text{He}^3$  が衝突すると中間的な状態として  $\text{Li}^4$  が一時的に作られるが phase shift analysis を行ない、この  $\text{Li}^4$  についての知識が得られる。

この論文の結果は  $\text{Li}^4$  は singlet S state には準安定な状態として存在しないことを示している。

また他の spin 及び核運動量状態について得られた phase shift の値は他の実験と大体一致するが Tombrello の結果とある程度のずれが見られ、なお今後の研究が必要であることを示している。

以上、阿部浩也の研究は Proton と  $\text{He}^3$  の弾性散乱による偏りを測定することによって、 $\text{Li}^4$  の核構造について新しい知見を提供したものといえよう。

よって阿部浩也提出の論文は理学博士の学位論文として合格と認める。