

氏名	今井憲一 いまいけんいち
学位の種類	理学博士
学位記番号	理博第370号
学位授与の日付	昭和50年9月23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	理学研究科物理学第二専攻
学位論文題目	10 MeV 以下の陽子-陽子散乱微分断面積の精密測定とその現象論的解析について

論文調査委員 (主査) 教授 小林 晨作 教授 玉垣 良三 教授 町田 茂

論 文 内 容 の 要 旨

低エネルギーの核子-核子相互作用については、古くから精力的な研究がなされ、かなり精密な定量的理解の段階に達している。しかしながら 10 MeV 以下の陽子-陽子散乱の微分断面積のこれまでの data の間に、重大な inconsistency があり、核力のより詳細な理解を進める上で障害となっている。このエネルギー領域では、微分断面積の data だけから 1S_0 -wave の phase shift 及び P-wave の平均 phase shift (3D_0) をユニークにきめることが出来るという特徴があり、又エネルギーが低いため、 3D_0 は比較的遠距離の核力の情報を担っていると考えられる。one Boson exchange (OBE) モデルで調べた結果、 3D_0 は ρ 中間子や ω 中間子には比較的影響されず scalar 中間子交換、或いは 2π 中間子交換について選択的に調べる上で有効なパラメーターとなることが判った。理論的にもスカラー中間子か 2π オンかという問題は未解決であり、このパラメーターの精度よくきめる事は、この問題を明らかにする上で重要なことと考えられる。

ところでこれまでの data 間のあいまいさに決着をつけ 3D_0 を決定することを目的として京大タンデム・バンデグラフを用いて 5.0, 7.0, 8.0 MeV において陽子-陽子微分断面積の測定が行われた。実験は直径 1 m の散乱槽に約 0.1 気圧の水素ガスをつめ、それを標的として、その中におかれた SSD で散乱陽子を $\theta_{CM}=16^\circ\sim 90^\circ$ の角度範囲で測定した。統計精度は 0.3% で、ビーム量、ターゲット数、立体角、エネルギーを夫々 0.1% の精度で測定し、全体として相対精度約 0.3%、絶対精度約 0.4% の精度が得られた。特に、この実験の目的の一つである 3D_0 は、微分断面積の角度依存性からきまるので、角度依存の誤差の原因となる角度の setting の精度をあげ、background の差引き、G-factor の評価、多量散乱の効果等についても、モンテカルロ法による計算機シミュレーション等を用いて正確を期した。

実験結果について、夫々のエネルギーで χ^2 -minimum 法により phase shift 解析を行い、 1S_0 及び 3D_0 を決定した。この解析の過程では真空偏極の効果を取り入れ、その他の電磁補正についても検討し 3D_0 については無視しうることを確かめた。その結果は 1S_0 及び 3D_0 とも McGregor 等の 450 MeV までの

エネルギー依存の解と略 consistent であり、 3A_0 については 5 MeV から既に正符号になるという結果を得た。この結果は 4 MeV までの Wisconsin グループの 0.1% という高精度の data と略 consistent であり、6.0, 8.0, 10.0 MeV の Berkeley グループの結果とはかなり食い違うものである。そしてこの結果は、より高エネルギーまでの data に良く合うようにパラメーターを選ばれた通常の OBE モデルでは再現するのが困難である。特にスカラー中間子交換について今までの OBE モデルで考えているよりスカラー中間子の質量を軽くするか、結合定数で強くしないと、実験をうまく再現しないのである。

それ故高エネルギーでの data と矛盾なくこの実験結果を説明するためには、スカラー中間子交換の理論的取扱いを改良しなければならないと考えられる。

論文審査の結果の要旨

原子核を構成する核子の一つである陽子と陽子の間の相互作用をきめることは、原子核を理解するための最も基本的な研究である。従ってこの種の研究は古くから行われて来ており、理論的な面では、我国は戦前湯川によって創始された中間子論にはじまり、戦後も核力を中間子の交換により基本的に理解する核力の中間子論の研究で世界をリードして来た。それに対応して実験的にも東大原子核研究所を中心として陽子-陽子散乱の測定が精力的に進められた。現在では、 π 中間子が real に発生するエネルギー以下で陽子-陽子散乱の実験的研究は、国際的に略確立しているといつてよい。しかるに 10 MeV 以下の測定結果の間には、なお重大なくいちがいがあり、核力のより詳しい理解のさまたげとなっている。にも拘らず、この種の研究は核物理における実験的研究のなかで、際立って高い精度を要求された、このくいちがいをとりのぞくためには、0.5% よりよい精度で測定が行われなければならないため、重要性は認識されながらも現在まで残されたままであった。申請者は、この点に注目し、今回長期間にわたる忍耐強い準備研究にもとづき、入射陽子エネルギー 5.0, 7.0, 8.0 MeV で相対精度 0.3%, 絶対精度 0.4% で実験に成功した。測定にあたって申請者が特に注意を払った点は、以下の諸点である。

まず統計精度が、0.3% になるようにデータが蓄積された。又入射陽子ビームの積分、立体角の評価、入射エネルギーの決定を夫々 0.1% の精度内で行った。又特に角度依存の誤差の原因となる角度の setting には、レーザー光線等の使用により高精度で行われた。データ処理にあたっては、background の差引き、立体角の G-factor の見積り、多重散乱の効果は、モンテカルロ法による計算機シミュレーションを加え、充分信頼出来る補正を行ったと考えられる。最終的に得られた微分断面積について各エネルギーで詳しい phase-shift 分析を行い、 χ^2 -minimum 法で実験精度内でぎりぎりまで best fit が追求された。その結果 10 MeV 以下で最も本質的な物理量である、 1S_0 -波の phase shift と P-波の平均 phase-shift (3A_0) を精度よく決定出来た。

又真空偏極の効果は、解析の過程で取り入れられ、その他の電磁補正も見積られ、 3A_0 について無視出来ることが確められた。 1S_0 波の phase shift と P-波平均 phase shift (3A_0) の両方とも McGregor 等による 450 MeV 以下のエネルギーでのエネルギー依存の解と略 consistent であり、 3A_0 は 5 MeV から既に正符号になるという結果が得られた。これは 4 MeV 以下で国際的に最も信頼されているウィソコンシン・グループの結果と consistent であるが、一方 6.0, 8.0, 10.0 MeV でのパークレー・グループ

の結果とくいちがったものである。本研究により、従来パークレー、ロスアラモス、ミネソタの諸グループによって行われた同種の研究が相互にくいちがい、あいまいさを残していた 10 MeV 以下のエネルギー領域で確定的データが確立されたといつてよい。このデータは1974年夏のケベック（カナダ）で行われた国際会議で報告されその信頼性において国際的評価を得ている。申請者はこの実験結果を既存の種々の理論的モデルで検討し、従来の OBE モデルでは、実験結果を再現出来ず、スカラー中間子の交換について従来考えられているより中間子の質量を軽くするか coupling を強くしなければならないことを指摘している。このように申請論文は核力の理解に対し極めて重要な知見を加えた。又準備のためになされた参考論文とともに申請者のこの領域で優れた学識と高い研究能力をもっていることを示している。

よつて、本論文は理学博士の学位論文として価値あるものと認める。