

資料紹介

I. Optical Model Analysis of the Elastic Scattering of Neutrons by the Lead Isotopes and Bismuth at 0.5, 1.0, and 2.5 MeV

S.O. Moore BNL 50151 Oct. '68

松延 広幸 (住友原子力)

本レポートはS.O. MooreがR.B. Dayと一緒に始めた低MeV領域における鉛同位元素 Pb^{208} , Pb^{207} , 及び Pb^{206} の中性子弾性散乱の解析結果をまとめたものであるが, Dayはこの仕事の途中で亡くなっている。解析の目的は中性子エネルギー0.5, 1.0及び2.5 MeV(実験室系)における上記鉛同位元素の光学模型パラメーターを全断面積及び微分弾性散乱断面積の実験データに基づいて求め, 且つこのパラメーターを Bi^{209} のような隣接核種に適用して実験データとの程度一致するかを調べることにある。又このパラメーターを各核種の非弾性散乱断面積に対しても適用して見てその妥当性を調べているが, 非弾性散乱に関しては弾性散乱ほど詳細な検討はなされていない。

解析方法はspin-dependent, diffuse edge, local optical model potentialによる断面積計算コード“ABACUS-2”を使用して6ケの光学パラメーター: V_{RE} , V_{IM} , V_{SR} , r_0 , a 及び b についてサーベイ計算を行ない, 実験データに最も良く一致する, 或いは χ^2 の値を最小にするようなパラメーターを各核種, 各エネルギー毎に見つけ出し, 次に各核種間及び各エネルギーの間でパラメーターにどの程度の共通性, 或いは著しい差異があるかを調べると云つたMooreお得意のやり方である。

fittingの対象にした実験データは微分弾性散乱断面積については Bi^{209} の2.5 MeVデータ(J. Levin, 私信: '63)を除いて他は総べてDayのデータ(私信: '65)から採っている。又微分非弾性散乱断面積(2.5 MeV)に関してはL. Cranberg, et al. (Phys. Rev. 159, 969 '67)のデータを採用している。その他 Pb^{208} の各励起準位による $\sigma_{in}(E_n)$ の実験データはJ. Towle and W. Gilboy (Nucl. Phys. 44, 256 '63)のデータを, 又 Bi^{209} の $\sigma_T(E_n)$ の実験データはBNL-325から採っている。鉛の場合約1 MeV以上の領域には共鳴が現われるが, このような比較的エネルギーの低い領域に対して光学模型を適用するのは疑問と考える向きもあろうと思う。著者Mooreもこの点については危ぶんだようであるが, 過去の経験では妥当な結果が得られたと云うことで, 今回の解析にも光学模型を使用している。

弾性散乱に関する計算結果については1.0 MeV, 2.5 MeV, 0.5 MeVの順に実験データとの比較及びパラメーターの検討を行なっている。

1 MeV での各核種の微分散乱断面積の計算結果は他のエネルギーでの結果に比べて最も良く実験データと一致しており、 X_{DE}^2 (微分弾性散乱断面積に対する X^2 の値) の値も最も小さな値を示している。しかし Pb^{208} に対して best fit を与えるパラメーターと Pb^{207} 及び Pb^{206} に対して best fit を与えるパラメーターとの間にはかなりの差異がある。特に著しい違いはスピナー軌道ポテンシャルの強さ: V_{SR} に現われている。 Pb^{208} の場合 V_{SR} は 7 MeV であるが、 Pb^{207} 及び Pb^{206} に対してはかなり大きく夫々 14 MeV 及び 17 MeV と採らないと best fit は得られない。ところが Bi^{209} の場合には best fit を与える V_{SR} の値は 2 種類 (13 MeV 及び 7 MeV) あり、 X_{DE}^2 の値は夫々 0.9 及び 1.0 となつている。その他 1 MeV での計算結果では全断面積 σ_T は実験データと一致しないが、 X_{DE}^2 の値は充分小さくなる、或いは又その逆の場合が起きるパラメーター領域が存在することが報告されている。

2.5 MeV の場合も 1 MeV の場合と同様に全断面積及び微分弾性散乱断面積についてパラメーターサーベイを行なつているが、2.5 MeV の場合は 1 MeV の場合程実験データとの一致は良くなく、従つて X_{DE}^2 の値もかなり大きくなつている。各核種に対して得られたパラメーターセットの相互の関連は 1 MeV の場合と大体似ており、 Pb^{207} と Pb^{206} のパラメーター相互の重なり (一致) は良いが、これらのパラメーターセットを Pb^{208} に適用すると結果は非常に悪い。唯 1 MeV の場合と比較して主な相違点は Pb^{208} に対する虚数ポテンシャル V_{IM} が約 7 MeV をのに反して、 Pb^{207} 及び Pb^{206} の V_{IM} は約 3 MeV と小さいことである。又スピナー軌道ポテンシャル V_{SR} に関しても 1 MeV の場合と異なり鉛 3 核種に対して大体同じ値 6 MeV 又は 7 MeV を採つている。 Bi^{209} について best fit を与えるパラメーターサーベイを行なつた結果得られた値は Pb^{207} 及び Pb^{206} のパラメーターセットと殆ど同じである。

最後に 0.5 MeV の場合については fitting が難かしく、特に Pb^{208} の場合が最も困難だつたようである。 Pb^{208} 及び Pb^{207} については実験データと最も良く一致するパラメーターセットは 1.0 MeV 及び 2.5 MeV のパラメーターセットと一致しない。又鉛 3 核種の場合実験データと大体一致するパラメーター領域が二つある。それは実数ポテンシャル V_{RE} の値が 65.0 ~ 70.0 MeV の領域と 30.0 ~ 35.0 MeV の領域である。0.5 MeV の場合の顕著な結果は実数ポテンシャルの拡がりを示すパラメーター a の値が Pb^{208} の場合は 0.5 F 以上にはならず大部分が 0.20 ~ 0.35 F の範囲にある点である。これは Pb^{207} でも同じであるが、 Pb^{206} の場合は一寸大きく 0.35 ~ 0.65 F の範囲にある。0.5 MeV では Bi^{209} の fitting が最も容易だつたようである。実験データとの一致も極めて良く best fit の場合の X_{DE}^2 の値は 1.0 となつている。又 Bi^{209} の場合は実験データとの一致が良いパラメーター領域が鉛に比べて広いのも特筆すべきであろう。

次に中性子非弾性散乱断面積に関しては Moore がこの解析に着手した時点に於ては available な微分非弾性散乱断面積のデータが無く、 Pb^{208} について利用し得る最も完全な実験データ

は Towle and Gilboy の 3.21 ~ 4.46 MeV のデータであつたので、Moore はこのデータを使用して Pb^{208} の第 1 ~ 第 3 励起準位 (3^- , 5^- , 4^-) による非弾性散乱断面積を調べている。先ず前述した 2.5 MeV でのパラメーターを上記励起準位に適用しているが、結果は悪く特に第 1 励起準位についてはずれが甚だしい。そこで Moore は Moldauer 流の Width fluctuation による補正を施しているが、結果はかなり改善される。しかしこの補正がどの程度有効であるかについては、詳細な検討をしていないと云う理由で判断を下していない。弾性散乱断面積データを最も良く再現するパラメーターと非弾性散乱断面積データを最も良く再現するパラメーターとは一般に一致しないが、そうかと云つて全く無関係ではない。そこで Moore は次に微分弾性散乱断面積に対する再現性を完全には失なわず且つ非弾性散乱断面積データに対する fit が良いパラメーターを求めているが、このパラメーターによる計算結果は width fluctuation の補正を施したものよりも良い。本レポートでは直接過程による寄与は取扱っていないが、Cranberg and Zafaritos が 4 MeV で行なつた実験結果を引用して直接過程による寄与がかなり大きく、これを考慮することによつて実験データとの一致を更に良くし得る可能性があると述べている。

本レポートの計算が始り終了した時点で Pb^{207} , Pb^{206} , 及び Bi^{208} に関する Cranberg 達の 2.5 MeV の実験データが available になつたとのことで、早速これらの核種の微分非弾性散乱断面積の解析を行ない、大体に於て良い一致を示すパラメーターを求めているが、完全なパラメーターサーベイは行なっていない。

本レポートの最後は 0.5, 1.0 及び 2.5 MeV のエネルギー点における共通のパラメーターセットと云う項目で今迄の解析結果を再検討している。