

3. 核準位密度に関する最近の研究

八谷雅典(三井造船)

統計理論による核反応の研究は、歴史的にも最も古く、核を陽子および中性子の気体球と考え、核子は原子核空間に閉じ込まれた互いに相互作用のほとんどない自由粒子として取り扱っている。このフェルミ気体模型による核準位密度は1936年Bethelによって形式づけられ¹⁾、1954年LangとLe Couteurによって改善され、さらに1954年Blochによって核子は殻構造模型

による核ポテンシャル内を移動するものとして定量化されている。

その後の核準位密度に関する研究は、Ericson の秀れた総合報告にまとめられており⁴⁾、また、核準位密度パラメータの値は、Newton の殻構造模型による計算結果⁵⁾ Gilbert と Cameron による半経験的な報告⁶⁾が代表的なものである。

近年になって超電導理論による核準位密度の pairing correlation の計算が、佐野と山崎によって発表され⁷⁾、さらに最近閉殻および偶奇効果を含む核準位密度に対する超電導理論による計算結果がまとめられている⁸⁾。

一方、Strutinsky は殻構造模型による核準位密度の計算を発展させ、定量的な値で報告している。⁹⁾

1968 年になって、ミラノの CISE 研究所の Facchini 達が、低エネルギー励起の核準位密度¹⁰⁾、20 MeV 励起の核準位密度¹¹⁾、複合核の連続的崩壊における統計的干渉効果¹²⁾、複合核の慣性能率¹³⁾、など一連の報告を発表したので、その主論文たる文献 10) と 11) の概略を報告する。

まず、低エネルギー励起の核準位密度は本質的に、フェルミ単位レベル近傍での単独のフェルミ粒子の状態の分布によってのみ決められるという設定から求められる。低エネルギー中性子共鳴吸収に関する実験データは数多いので、これらの測定された単位間隔の値から計算された核準位密度のパラメータ a (質量数の関数として) が Strutinsky の核構造模型による計算値と比較され、図 1 のような一致が認められている¹⁰⁾。また、中性子数の関数としての間隔の逆数 g の値は図 2 に示すような差が表われている¹⁰⁾。

一方、20 MeV 励起の核準位幅 Γ は、 (p, p') , (p, α) , (d, p) などの核反応励起曲線の統計的な fluctuation の分析から求められ、この値から計算した中性子数の関数としての核準位密度のパラメータ a の低エネルギー励起の場合との差異、および計算値との比較は図 3 に示す通りである。¹¹⁾

これらの報告は、一見、容易に求められたような感じを与えるが、実状は少くとも 5 カ年間の実験データの蓄積を必要としていることが引用文献から分かる。

このように、統計理論による核反応の研究には地味なデータの蓄積が必要であり、核光学ないしは核工学と呼ばれる所以であろう。また、計算値との一致も比較的良いように見受けられるが、これも核準位密度のパラメータ a で比較したためであり、この値を入れて計算する核反応断面積の値となると、パラメータの値に非常に敏感であるので注意を要する。

我々は、現在、MeV 領域での中性子入射の各種核反応断面積を、蒸発模型による計算プログラム STEVE-1, STEVE-2, STEVE-3 で解析している。この場合の入力としての核準位密度のパラメータの値には、実験から求められたパラメータの値が分かっている場合には、出来るだけその値を採用することにしているが、反応の型、励起エネルギーの大きさ、偶奇性、さらには、

採用している核単位密度の形式に注意している。図3の結果は、これらの点にあまり気を使わないでも良いことを示しているが、まだ疑問に思っている。

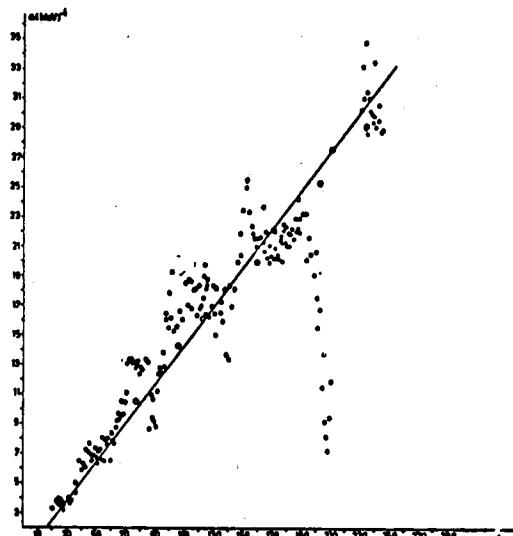


Fig. 1 - Values of the parameter a as a function of mass number A .
 ● from proton and neutron resonances;
 ○ from Strutinsky calculations at high energies ($\gamma = 0.7 \hbar/\omega$
 with $\hbar\omega = 40 A^{-1/2}$ MeV).
 The straight line is given by $a = \frac{A}{7.5}$ (MeV $^{-1}$).

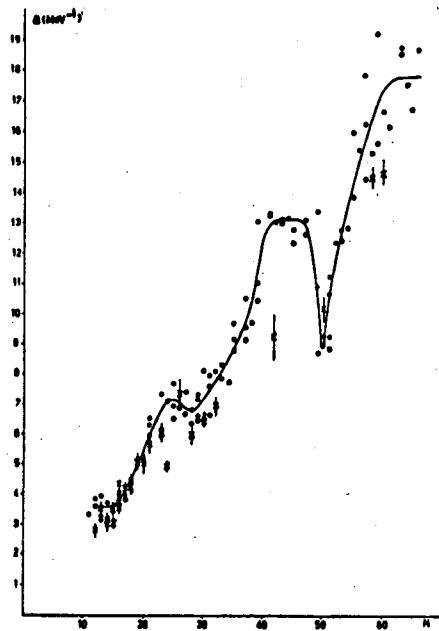


Fig. 3 - Plot of the parameter aa as a function of the number of neutrons N . ○ aa values obtained from slow neutron resonances⁶; ● aa values from fit of experimental Γ from fluctuation's analysis. Continuous line represents the average behaviour of the parameter aa as assumed in the calculation for all residual nuclei.

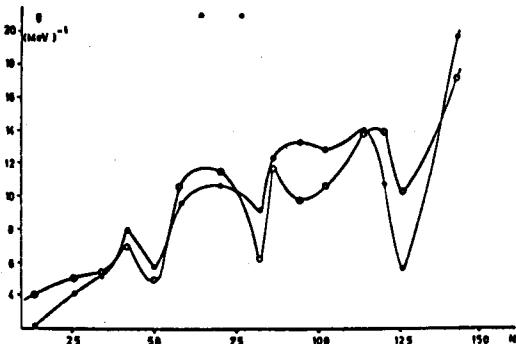


Fig. 2 - ● Average values of the parameter g obtained from resonances for sample nuclei collected in table 3;
 ○ Values of the parameter g obtained by Strutinsky averaging Nilsson model levels with Gaussian distribution of width
 $\gamma = 0.15 \times 40 A^{-1/2}$ MeV.
 The values are plotted versus the number of neutrons N .

参考文献

- 1) H. BETHE, Phys. Rev. 50(1936) 332; Rev. Mod. Phys. 9(1937) 69
- 2) J.M. LANG and K.J. LE COUTEUR, Proc. Phys. Soc. London A67 (1954) 586
- 3) C. BLOCH, Phys. Rev. 93 (1954) 1094
- 4) T. ERICSON , Advances in Physics 9 (1960) 425
- 5) T.D. NEWTON, Canad. J. Phys. 34 (1956) 804
- 6) A. GILBERT and A.G.W. CAMERON, Canad. J. Phys. 43 (1965) 1446
- 7) M. SANO and S. YAMASAKI, Prog.Theor.Phys. Kyoto 29(1963) 397
- 8) P. DECOWSKI, W.GROCHULSKI, A.MARCINKOWSKI, K.SIWEK and Z. WILHELM, Nucl,Phys.A110 (1968) 129
- 9) V.M. STRUTINSKY Nucl.Phys. A95 (1967) 420
- 10) U. FACCHINI and E. SAETTA-MENICHELLA, Energia Nucl are 15 (1968) 54
- 11) G.M. BRAGA-MARCAZZAN and L. MILAZZO-COLLI, Energia Nu-
cleare 15 (1968) 186
- 12) E.GADIOLI-ERBA and P.G. SONA, Energia Nucleare 15 (1968)
261
- 13) E.GADIOLI-ERBA and P.G. SONA, Energia Nucleare 14 (1967)
111