

JAERI-M

4 9 2 7

²³²Th の 70 群及び, 25 群炉定数

1972年8月

中川正幸・三木一克*・西原 宏*

日本原子力研究所
Japan Atomic Energy Research Institute

^{232}Th の 70 群及び， 25 群炉定数

日本原子力研究所東海研究所原子炉工学部

中川 正幸・西原 宏^{*}・三木 一克^{*}

(1 9 7 2 年 7 月 2 5 日受理)

^{232}Th の JAERI-FAST-SET 型炉定数を作成した。従来は、 A B B N セットが代表的なものであったが、われわれは ENDF/B-2 の核データを使用し、 JAERI-FAST-SET と同様の手法により、 70 群及び、 25 群炉定数を計算した。 10.5 MeV ~ 46.5 keV は、核分裂スペクトル及び $1/E$ スペクトルを重みとして用い、 46.5 keV ~ 3.93 keV は非分離共鳴領域として、統計的手法で共鳴パラメータを発生させ、それ以下は分離共鳴パラメータを用いて、無限希釈断面積を計算した。実効断面積は、 46.5 keV 以下で詳細スペクトル計算を行なって求め、自己遮蔽因子を σ_0 及び温度のパラメータとして計算し、表に示した。

JAERI - M 4927

Group Constants for ^{232}Th with 70 and 25 Group Structures

Division of Reactor Engineering, Tokai, JAERI

Masayuki NAKAGAWA, Hiroshi NISHIHARA* and Kazuyoshi MIKI*

(Received July 25, 1972)

Group constants for ^{232}Th are calculated and tabulated in the form of JAERI FAST SET. Nuclear data used are from the ENDF/B-2 file, and the calculational methods developed for JAERI FAST SET are used. The energy region, $46.5 \text{ keV} \sim 3.93 \text{ keV}$, is treated as an unresolved resonance region, and the resonance parameters are generated by a statistical method. The effective cross sections are averaged with fission spectrum and $1/E$ spectrum above 46.5 keV and ultrafine spectrum below 46.5 keV. A comparison is made between the present and the conventional sets.

* Dept. of Nuclear Engng., Kyoto Univ.

目 次

1. 序	1
2. ^{232}Th の核データ	1
3. 炉定数の計算法とコード	3
4. 他のセットとの比較	5
謝 詞	6
参考文献	7
APPENDIX I . 70群炉定数表	15
APPENDIX II . 25群炉定数表	21

1. 序

原子炉の燃料系に対する核データ及び炉定数は、当初からの熱中性子炉系に用いられた²³⁵U、²³⁸U等のウラン系の物質に対しては、豊富なデータが蓄積されてきた。又最近は、高速炉の研究の進展と共にプルトニウム系に力が注がれ、核データ、炉定数とともに各方面で発表されつつある。しかしこれらに比べ、トリウムに関しては、古くから研究がなされてきたものの、その実用化が、具体的に計画されていないという理由で、発表されたものが少ない。参考のため最近のトリウム系原子炉の研究として文献(1)を挙げておく。このような事情を反映して最近でもわれわれが利用できるような²³²Thや²³³Uに関する核データは非常に少ない。また、われわれが利用しうる、⁽²⁾⁽³⁾ Y O M セットと、⁽³⁾ A B B N セットがあるが、A B B N セットが作成された 1964 年以後のデータも含めた新しい炉定数を利用したい場合は、直接データファイルから作成しなければならない。最近のデータファイルとしては、⁽⁴⁾ ENDF/B や ⁽⁵⁾ U K 等が挙げられる。

今回の炉定数作成の目的は、最近京都大学原子炉実験所で行なわれている、トリウム系の実験⁽⁶⁾の解析へのバックアップとして、またそこでトリウムのデータに関する問題点を探るという目的からなされた。従ってデータソースとしても、できるだけ統一された、根拠の明白なものを使用するという意味で、新たなデータの evaluation は今後の問題として残し、全て ENDF/B の version 2 に基づいて計算することにした。計算の方法は、JAERI-FAST-SET⁽⁷⁾と同様であり、4.65 keV 以上では、分裂スペクトル及び、 T/E スペクトルを重みとして断面積平均を行ない、4.65 keV 以下の非分離共鳴領域に対しては、統計的手法⁽⁸⁾により共鳴パラメータを発生させ、分離領域も含めて、温度依存の微視断面積の計算を行なう。次いで、各温度ごとに 4 つの σ_0 に対して、実効断面積及び自己遮蔽因子を求めた。

なお 2 章では、ENDF/B-2 以降の核データについて若干の検討を行なう。また 4 章では、得られた組定数と Y O M 及び A B B N セットとの比較検討を行なった。

なおこの研究は、京都大学原子核工学教室西原グループと原研核設計研究室の共同で行なわれたが、その間多くの人々の協力を得た。

2. ²³²Th の核データ

使用した核データは、全て ENDF/B version 2 にもとづいている。ENDF/B は⁽⁴⁾ 1966 年に編集され、1969 年 5 月に改訂された。まづ使用した核データについて述べる。

2.1. 1.0.5 MeV ~ 4.6.5 KeV

各種断面積は、ENDF/B-2 に、各エネルギー・メッシュごとに与えられているが、二次元データは、弹性散乱に対しては、角度分布がルジャンドル係数の形で与えられ、非弹性散乱に対しては、8 個の discrete level に対し、角度分布が、そして一つの continuum level に対しては、角度分布と、エネルギー分布が与えられる。6.37 MeV 以上で ($n, 2n$) 反応

1. 序

原子炉の燃料系に対する核データ及び炉定数は、当初からの熱中性子炉系に用いられた²³⁵U, ²³⁸U等のウラン系の物質に対しては、豊富なデータが蓄積されてきた。又最近は、高速炉の研究の進展と共にプルトニウム系に力が注がれ、核データ、炉定数とともに各方面で発表されつつある。しかしこれらに比べ、トリウムに関しては、古くから研究がなされてきたものの、その実用化が、具体的に計画されていないという理由で、発表されたものが少ない。参考のため最近のトリウム系原子炉の研究として文献(1)を挙げておく。このような事情を反映して最近でもわれわれが利用できるような²³²Thや²³³Uに関する核データは非常に少ない。また、われわれが利用しうる、²³²Thを収録した炉定数セットとしては、YOMセット⁽²⁾と、ABBNセット⁽³⁾があるが、ABBNセットが作成された1964年以後のデータも含めた新しい炉定数を利用したい場合は、直接データファイルから作成しなければならない。最近のデータファイルとしては、ENDF/B⁽⁴⁾やUK⁽⁵⁾等が挙げられる。

今回の炉定数作成の目的は、最近京都大学原子炉実験所で行なわれている、トリウム系の実験⁽⁶⁾の解析へのバックアップとして、またそこでトリウムのデータに関する問題点を探るという目的からなされた。従ってデータソースとしても、できるだけ統一された、根拠の明白なものを使用するという意味で、新たなデータの evaluation は今後の問題として残し、全て ENDF/B の version 2 に基づいて計算することにした。計算の方法は、JAERI-FAST-SET⁽⁷⁾と同様であり、46.5 keV以上では、分裂スペクトル及び、1/Eスペクトルを重みとして断面積平均を行ない、46.5 keV以下の非分離共鳴領域に対しては、統計的手法⁽⁸⁾により共鳴パラメータを発生させ、分離領域も含めて、温度依存の微視断面積の計算を行なう。次いで、各温度ごとに4つの σ_0 に対して、実効断面積及び自己遮蔽因子を求めた。

なお2章では、ENDF/B-2以降の核データについて若干の検討を行なう。また4章では、得られた組定数とYOM及びABBNセットとの比較検討を行なった。

なおこの研究は、京都大学原子核工学教室西原グループと原研核設計研究室の共同で行なわれたが、その間多くの人々の協力を得た。

2. ²³²Thの核データ

使用した核データは、全てENDF/B version 2にもとづいている。ENDF/Bは、⁽⁴⁾1966年に編集され、1969年5月に改訂された。まづ使用した核データについて述べる。

2.1 1.0.5 MeV~46.5 KeV

各種断面積は、ENDF/B-2に、各エネルギー・メッシュごとに与えられているが、二次元データは、弾性散乱に対しては、角度分布がルジャンドル係数の形で与えられ、非弾性散乱に対しては、8個の discrete level に対し、角度分布が、そして一つの continuum level に対しては、角度分布と、エネルギー分布が与えられる。6.37 MeV以上で(n, 2n)反応

が存在し、これも角度分布及びエネルギー分布が与えられている。また中性子放出数 \bar{v} は(1)式で与えられる。

$$\bar{v} (E) = 1.854 + 1.56 E \times 10^{-7} \quad (\text{eV 単位}) \quad (1)$$

2.2 46.5KeV~3.93KeV

この領域は、非分離共鳴領域であり、平均共鳴パラメータが与えられる。表1に用いた値を示す。共鳴の統計分布は、 $\Gamma_{n_1}^0$ について、 $\ell = 0, 1$ のいずれの場合も自由度1の χ^2 分布に従って扱われる。

2.3 3.93KeV~0.25eV

共鳴の分離領域であり、ENDF/B-2では、分離共鳴は全て、S波として扱われている。今回の断面積の計算では、全て共鳴パラメータのみにより見逃がされたP波に対する補正のための smooth part は考慮していない。最近この区間でも、P波として扱うべき共鳴が多いことを、Forman 等⁽⁹⁾が指摘しているが、今後実験精度の向上とも関連して、P波として扱うべき共鳴レベルの数が増すことと思われる。

2.4 ENDF/B-2以後の核データについて

ENDF/B-2の作成以降の²³²Thに関する核データの報告は、極めて少く、CINDA 71⁽¹⁰⁾においてもまとまった evaluation は殆んど報告されていない。従って ENDF/B-2の値について、それ以後のデータに基づいて妥当性を検討することは、困難である。ここでは、2.3の報告について紹介するにとどめる。

1) FASOLI U. 等⁽¹¹⁾による 1.5~8.5MeV の total cross section の測定

1.5 MeV~8.5 MeVにおける total cross section の測定結果と、彼等の論文中でなされた他の実験結果との比較に加えて、われわれの求めた70群定数を図(1)に示す。この図より今回の定数は、FOSOLI 等による実験結果とも、数%の範囲内で一致しているが、5 MeV 以上でやや低い値を示すことがわかる。

2) FORMAN L. 等⁽⁹⁾による共鳴領域の capture cross section の測定

地下核爆発実験により、数十 keVまでの capture cross section を測定し、2 keVまでの分離レベルパラメータから、非分離領域の平均パラメータを計算している。彼等は、分離領域にも多数のP波共鳴を指定しており、500 eV以下で、S波が22, P波が50 レベル存在するとしている。この結果平均レベルパラメータとして、表2に示す値を報告している。更に注目すべきことに、S波レベルの reduced neutron width の統計分布は、従来用いられていたような Porter-Thomas 分布（自由度1の χ^2 分布）よりも、自由度2の χ^2 分布に近いことを述べている。これらの点に関しては、今後の実験値の集積と、核理論的裏付けが必要となるであろう。

3. 炉定数の計算法とコード

炉定数の計算は、JAERI-FAST-SET作成時のものと、殆んど同じであるが、表(3)に各エネルギー領域に対して用いられたコード及び、断面積平均に用いるスペクトルを示す。

3.1 高速領域 (10.5 MeV~46.5 keV)

炉定数は、PROF-GROUCH-G⁽¹²⁾によって計算されるが、このコードは、ENDF/Aタイプのデータを入力するので、ENDF/Bを扱うためにFormat変換を行なう必要がある。特に2次元データのyield分布の計算のため、エネルギー分布関数を求めるのが、面倒である。

ENDF/Bでは、非弾性散乱の連続レベル及び、($n, 2n$)反応のエネルギー分布は、evaporation spectrum(2)式によって与えられ、 θ は入射エネルギーEの関数として表にされている。

$$f(E \rightarrow E') = \frac{E'}{I} e^{-E'/\theta} \quad (2)$$

$$I; \text{規格化因子 } (= \theta^2 [1 - e^{-(E-U)/\theta} (1 + \frac{E-U}{\theta})])$$

これを、ENDF/A Formatに変換するため、curve fittingにより次の関数形で表わした。

I) 連続レベル

$$P(E \rightarrow E') = I e^{-E'/aE_q}$$

I : 規格化因子

$$q=0, a=5.30 \times 10^5 \quad E \geq 5 \times 10^6 \text{ eV}$$

$$q=0.5, a=2.40 \times 10^3 \quad E \leq 5 \times 10^6 \text{ eV}$$

II) ($n, 2n$) 反応

$$q=2.8, a=6.76 \times 10^{-15}$$

なお非弾性散乱マトリックスは、従来のJAERI-FAST-SETに合わせて、最大減速群を29群にとり、規格化する。

次に、1 MeV以上では、断面積平均の重みとして、fission spectrumを用いるが、これは(3)式で与えた。

$$\phi(E) = A_0 e^{-E/A_1} \sinh \sqrt{A_2 E} \quad (3)$$

$$A_0 = 1.4047 E - 0.6$$

$$A_1 = 1.0 E + 0.6$$

$$A_2 = 2.0 E - 0.6$$

また、この領域での遮蔽因子は、殆んど1に近いため、省略した。すなわち全て無限希釈に相当する平均断面積を用いる。

3.2 非分離共鳴領域

この領域では、表(1)に示した、平均レベルパラメータを用いて、統計的手法によりS及びP

波の共鳴パラメータを、分離領域までの区間で発生させる。統計的手法に関する理論は、既に詳しく報告されている。^{(7), (8)} ²³²Th の場合は、分裂核種にくらべ断面積変化が小さく、全エネルギー域にわたってひとつのラダーを用いても断面積は、平均レベルパラメータによる値とよい一致を示す。われわれは、ENDF/B-2 のレベルパラメータを用い、まず BABEL-II⁽¹⁴⁾ により、非分離領域に対する共鳴パラメータを発生させ、このパラメータに対し、Breit-Wigner - 準位公式による微視断面積の計算を、MCROSS-II⁽¹³⁾ で行なった。図(2), (3)に、BABEL-II による共鳴パラメータを用いた平均断面積、ENDF/B-2 の平均レベルパラメータを用いて MOLDER⁽¹⁵⁾ で得た値及び、BNL-325⁽¹⁶⁾ 又は、UK file の値を total. および capture cross section についてそれぞれ示した。これらより BABEL-II の結果は、MOLDER の値と殆んど一致しており、統計的手法による偏差が小さいことを示している。

MCROSS-II による微視断面積の計算は、300 °K, 900 °K, 2100 °K に対し、メッシュ巾を表(4)のようにとって行なった。また、J-F-S では、親物質に対しては、21.5 keV 以下を共鳴領域としたが、今回の計算の結果、46.5~21.5 keV 間でも、自己遮蔽効果が無視できないことがわかった。

3.3 分離共鳴領域

分離共鳴パラメータは、3.93 keV から -5.1 eV まで与えられ、全て S 波として扱われる。この領域も同じく、MCROSS-II で微視断面積を計算する。

3.4 実効断面積及び、自己遮蔽因子

46.5 keV 以下の共鳴領域に対し、MCROSS-II で計算した微視断面積をテープ又は、ディスクから読み込み、ERSED⁽¹⁷⁾ で詳細スペクトル計算を行なう。計算は、²³²Th と moderator の 2 媒質系で行なうが、moderator の質量は、100 eV 以上では 30、以下では数値計算上の誤差をおさえるため、16 を用いる。また、原子密度は、²³²Th を 1 とし、moderator に対し σ_0 の値を入れる。 σ_0 の値を 1, 10, 100, 1000 として表を作成した。一般に親物質では、共鳴ピークが大きく、 σ_0 の小さい値に対しては、数値誤差を生じやすい。特に ²³²Th については、21.78 eV と 23.45 eV の二つの巨大なピークがあるので、その近傍での計算は慎重を要する。これは、共鳴が含まれる群だけでなく、その下の群の計算においても、 $1/E_{\text{source}}$ の仮定が悪くなるからであって、共鳴ピークを含む群から一貫したスペクトル計算を行なう必要がある。われわれの手法は、このような場合にも、従来の NR 近似等による結果に比べ正しい値を得る。

実効断面積は、次のように定義される。

1) 捕獲、分裂、弾性散乱

$$\langle \sigma_x \rangle_k = \frac{\int_{E_k}^{E_{k-1}} \sigma_x(E) \phi(E) dE}{\int_{E_k}^{E_{k-1}} \phi(E) dE} = \frac{\sum_{i \in k} \sigma_{xi} \phi_i \Delta E}{\sum_{i \in k} \phi_i \Delta E} \quad (4)$$

2) 全断面積

$$\langle \sigma_t \rangle_k = \frac{\int_{E_k}^{E_{k-1}} \phi(E) dE}{\int_{E_k}^{E_{k-1}} \frac{\phi(E) dE}{\sigma_t(E) + \sigma_0}} - \sigma_0 = \frac{\sum_i \phi_i \Delta E}{\sum_i \frac{\phi_i \Delta E}{(\sigma_{ti} + \sigma_0)}} - \sigma_0 \quad (5)$$

3) 弹性除去断面積

$$\begin{aligned} \langle \sigma_e(r) \rangle_k &= \frac{\int_{E_k}^{E_{k-1}/\alpha} \sigma_e(E) \phi(E) \frac{E_k - \alpha E}{E(1-\alpha)} dE}{\int_{E_k}^{E_{k-1}} \phi(E) dE} \\ &= \frac{\sum_i \sigma_{ei} \frac{E_k - \alpha E_i}{E_i(1-\alpha)} \phi_i \Delta E}{\sum_i \phi_i \Delta E} \quad (6) \\ &= \frac{(A-1)^2}{(A+1)^2} \end{aligned}$$

次に自己遮蔽因子は、この実効断面積と、300 °Kにおける無限希釈の値との比として計算される。70群及び、25群に対し、SELF⁽¹⁸⁾及びCONDENCE⁽¹⁹⁾コードを使用した。結果は巻末にAPPENDIXとしてまとめて掲載する。

4. 他の群定数セットとの比較

序で述べたように、²³²Th の炉定数を扱ったセットは、比較的少く代表的なものは、YOM と ABBN セットである。具体的な比較のために、三つのセットの無限希釈における total 及び capture cross section を図(4)に示す。YOM の total cross section は、 transport cross section で表わされている。従って 100 keV 以上での差は、 transport correction によるものが主であろう。また、実効断面積の比較のために図(5)に ABBN セットとの比較を示した。図は 300 °Kにおいて、 $\sigma_0 = 10$ パーンに対応する値である。

σ_γ の無限希釈の値については、100 keV 以下で YOM はかなり低い値を示し、ABBN が最も大きく、3 者の差はかなり顕著である。これは実効断面積で見ても、同様の傾向である。また共鳴分離領域においても、ABBN との差は大きいが、特に 10 eV ~ 21.5 eV の群は、1 衍以上の差を示す。これについては、後に議論する。次に体系のスペクトルを決める重要な断面積である total inelastic cross section を図(6)に示す。これより、われわれのセットが、2 MeV 以下で最も大きな値を与えていることは、注目しておく必要があろう。その他の断面積については、比較を試みなかったが、他の積分量（反応率、反応度係数など）の測定

2) 全断面積

$$\langle \sigma_t \rangle_k = \frac{\int_{E_k}^{E_{k-1}} \phi(E) dE}{\int_{E_k}^{E_{k-1}} \sigma_t(E) + \sigma_0 dE} - \sigma_0 = \frac{\sum_i \phi_i \Delta E}{\sum_i (\sigma_{ti} + \sigma_0)} - \sigma_0 \quad (5)$$

3) 弹性除去断面積

$$\begin{aligned} \langle \sigma_e(r) \rangle_k &= \frac{\int_{E_k}^{E_k/\alpha} \sigma_e(E) \phi(E) \frac{E_k - \alpha E}{E(1-\alpha)} dE}{\int_{E_k}^{E_{k-1}} \phi(E) dE} \\ &= \frac{\sum_i \sigma_{ei} \frac{E_k - \alpha E_i}{E_i(1-\alpha)} \phi_i \Delta E}{\sum_i \phi_i \Delta E} \quad (6) \end{aligned}$$

$$\alpha ; 1 - \frac{(A-1)^2}{(A+1)^2}$$

次に自己遮蔽因子は、この実効断面積と、300 °Kにおける無限希釈の値との比として計算される。70群及び、25群に対し、SELF⁽¹⁸⁾及びCONDENCE⁽¹⁹⁾コードを使用した。結果は巻末にAPPENDIXとしてまとめて掲載する。

4. 他の群定数セットとの比較

序で述べたように、²³²Th の炉定数を扱ったセットは、比較的少く代表的なものは、YOM と ABBN セットである。具体的な比較のために、三つのセットの無限希釈における total 及び capture cross section を図(4)に示す。YOM の total cross section は、 transport cross section で表わされている。従って 100 keV 以上での差は、transport correctionによるものが主であろう。また、実効断面積の比較のために図(5)に ABBN セットとの比較を示した。図は 300 °Kにおいて、 $\sigma_0 = 10$ パーンに対応する値である。

σ_γ の無限希釈の値については、100 keV 以下で YOM はかなり低い値を示し、ABBN が最も大きく、3 者の差はかなり顕著である。これは実効断面積で見ても、同様の傾向である。また共鳴分離領域においても、ABBN との差は大きいが、特に 10 eV ~ 21.5 eV の群は、1 衍以上の差を示す。これについては、後に議論する。次に体系のスペクトルを決める重要な断面積である total inelastic cross section を図(6)に示す。これより、われわれのセットが、2 MeV 以下で最も大きな値を与えていることは、注目しておく必要があろう。その他の断面積については、比較を試みなかったが、他の積分量（反応率、反応度係数など）の測定

値に対する、実験解析を通じて、総合的な比較検討を行なうことは、今後の問題である。時に共鳴領域に起因する問題は重要である。

最後に、 $10\text{ eV} \sim 21.5\text{ eV}$ における σ_γ の差について検討する。これは2群定数表では、20群に当っており、ABB Nが12バーン、ENDF/B-2を使用したわれわれの結果が、0.58バーンぐらいである。この群には、共鳴ピークは1つあるが、ごく小さく殆んど寄与しない。ところが上の群つまり19群($21.5\text{ eV} \sim 46.5\text{ eV}$)には、 21.78 eV と 23.45 eV に巨大なピークが存在する。またこの群にも、小さい共鳴ピークが存在するが考慮に入れなくてもよいだろう。従って20群の σ_γ は、19群にある2つの共鳴ピークからの寄与と考えられる。従ってABB Nとわれわれの結果の差は、この2つの共鳴に対する①共鳴パラメータの違いか、②断面積計算法の違いによると考えられる。しかし②については、共にBreit-Wigner式を使っているので、両群への配分の仕方ということになる。そこで、定数表から、共鳴積分値を求めると、ABB Nが45.4バーン、われわれは、40.3バーンと差が大きく配分の仕方も含めて、②以前の問題と考えられる。そこで①を検討するため、ENDF/B-2とABB Nセットが参考にした共鳴パラメータを用いて共鳴積分値を求めたのが表(6)である。ABB Nは、LEVIN,⁽¹⁶⁾ PILCHER,⁽¹⁶⁾ RADKEVICH⁽¹⁶⁾のデータから取ったと思われる。この表より、先に示した40.3バーンは、ENDF/B-2は当然として、LEVIN, PILCHERともよく合っている。ただRADKEVICHの値は小さいが、これは T_n の値がいづれよりも、かなり小さいためであり、又この値はABB Nとは逆の傾向を示すので、これを用いていないと思われる。従って共鳴パラメータの差とも考えられない。この結果、ABB Nセットの値は、用いたと思われる共鳴パラメータとも矛盾しており、従って、ABB Nの20群の σ_γ の値が12バーンとなっているのについては、疑いが残る。

謝 辞

この共同研究の実施に当り、原研核設計研究室長・桂木学氏には、いろいろな配慮と指導を頂き厚く感謝致します。また京都大学工学部小林啓祐助教授並びに、原研核設計研の石黒幸雄氏、高野秀機氏には議論をお願いし、多くの貴重な助言を頂いた。また動力炉開発管理室の東稔達三氏には、直接PROF-Qによる一次元データの計算をお願いしたのを初め、種々助言を頂いた。ここに記して感謝の意を表します。

値に対する、実験解析を通じて、総合的な比較検討を行なうことは、今後の問題である。時に共鳴領域に起因する問題は重要である。

最後に、 $10\text{ eV} \sim 21.5\text{ eV}$ における σ_γ の差について検討する。これは2群定数表では、2群に当っており、ABB Nが12バーン、ENDF/B-2を使用したわれわれの結果が、0.58バーンぐらいである。この群には、共鳴ピークは1つあるが、ごく小さく殆んど寄与しない。ところが上の群つまり19群($21.5\text{ eV} \sim 46.5\text{ eV}$)には、 21.78 eV と 23.45 eV に巨大なピークが存在する。またこの群にも、小さい共鳴ピークが存在するが考慮に入れなくてよいだろう。従って20群の σ_γ は、19群にある2つの共鳴ピークからの寄与と考えられる。従ってABB Nとわれわれの結果の差は、この2つの共鳴に対する①共鳴パラメータの違いか、②断面積計算法の違いによると考えられる。しかし②については、共にBreit-Wignerの式を使っているので、両群への配分の仕方ということになる。そこで、定数表から、共鳴積分値を求めると、ABB Nが45.4バーン、われわれは、40.3バーンと差が大きく配分の仕方も含めて、②以前の問題と考えられる。そこで①を検討するため、ENDF/B-2とABB Nセットが参考にした共鳴パラメータを用いて共鳴積分値を求めたのが表(6)である。ABB Nは、LEVIN,⁽¹⁶⁾ PILCHER,⁽¹⁶⁾ RADKEVICH⁽¹⁶⁾のデータから取ったと思われる。この表より、先に示した40.3バーンは、ENDF/B-2は当然として、LEVIN, PILCHERともよく合っている。ただRADKEVICHの値は小さいが、これは Γ_n の値がいづれよりも、かなり小さいためであり、又この値はABB Nとは逆の傾向を示すので、これを用いていないと思われる。従って共鳴パラメータの差とも考えられない。この結果、ABB Nセットの値は、用いたと思われる共鳴パラメータとも矛盾しており、従って、ABB Nの20群の σ_γ の値が12バーンとなっているのについては、疑いが残る。

謝　　辞

この共同研究の実施に当り、原研核設計研究室長桂木学氏には、いろいろな配慮と指導を頂き厚く感謝致します。また京都大学工学部小林啓祐助教授並びに、原研核設計研の石黒幸雄氏、高野秀機氏には議論をお願いし、多くの貴重な助言を頂いた。また動力炉開発管理室の東稔達三氏には、直接PROF-Gによる一次元データの計算をお願いしたのを初め、種々助言を頂いた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) KASTEN P.R. : The role of thorium in power-reactor development,
AT. ENERGY REV. 8 (3) 473, IAEA (1970).
- 2) YIFTAH S. et al. : Fast neutron cross sections, Pergamon Press,
London (1960).
- 3) ABAGJAN L.P. et al. : Group constants for nuclear reactor calcula-
tions, Consultant Bureau, New York (1964).
- 4) DRAKE M.K. : BNL-50274 (T-601), ENDF 102 (1970).
- 5) NORTON S. AND STORY J.S. : AEEW-M802 (1967).
- 6) NISHIHARA H. et al. : B14, B15 (1971).
- 7) KATSURAGI S. et al. : JAERI-1195, JAERI-1199 (1970).
- 8) ISHIGURO Y. et al. : Nucl. Sci. Eng. 1, 40 (1970).
- 9) FORMAN L. et al. : Phys. Rev. Let. 27, (2) (1971).
- 10) "CINDA '71", IAEA, VINNA (1971).
- 11) FASOLI U. et al. : Nucl. Phy. A 151, 369 (1970).
- 12) TONE T. AND KATSURAGI S. : JAERI-1192 (1970).
- 13) TAKANO H. : JAERI-M 4721 (1972).
- 14) ISHIGURO Y. AND KATSURAGI S. : JAERI-memo 3785 (1969).
- 15) ISHIGURO Y. : Private communication.
- 16) STEHN J.R. et al. : Neutron cross sections, BNL-325, 2nd. ed. suppl.
No. 2 (1964).
- 17) NAKAGAWA M. AND KATSURAGI S. : JAERI-memo 3907 (1970).
- 18) TAKANO H. : Private communication.
- 19) SUZUKI T. : JAERI-memo 3660 (1969).

Table 1. Average Resonance Parameters

(I, J)	$D(\text{eV})$	$P_{ne}(\text{meV})$	$P_{re}(\text{eV})$
$(0, 1/2)$	12.65	0.924	0.0259
$(1, 1/2)$	12.65	1.518	0.0259
$(1, 3/2)$	6.325	0.759	0.0259

$$\text{Nuclear Radius} = 8.9874 \times 10^{-13} \text{ cm}$$

Table 2. Average Resonance Parameters by Forman et al.

(I, J)	$D(\text{eV})$	$P_{ne}(\text{meV})$	$P_{re}(\text{eV})$
$(0, 1/2)$	22.7	1.8	0.021
$(1, 1/2)$	22.7	3.9	0.021
$(1, 3/2)$	11.4	1.95	0.021

$$\text{Nuclear Radius} = 9.65 \times 10^{-13} \text{ cm}$$

Table 3. Weighting Spectrum

Energy Range	Code Name	Weighting Spectrum
10.5 MeV $\sim 1 \text{ MeV}$	PROF-GROUCH-G	Fission Spectrum
1 MeV $\sim 46.5 \text{ KeV}$	PROF-GROUCH-G	$1/E$
46.5 KeV $\sim 3.93 \text{ KeV}$	BABEL II MCROSS II ERSED	Exact Fine Spectrum
3.93 KeV $\sim 0.25 \text{ eV}$	MCROSS II ERSED	Exact Fine Spectrum

Table 4. Energy Mesh Width

Upper Energy (eV)	Lower Energy (eV)	Mesh Width (eV)
46500	21500	1.0
21500	10000	0.5
10000	4650	0.25
4650	2150	0.125
2150	1000	0.0625
1000	360	0.03125
476	36	0.015625
54.8	3.6	0.01
10	0.1	0.002

Table 5. Infinite Resonance Integral

Data	ENDF/B-2	Levin	Pilcher	Radkevich
Er = 21.78	16.6	14.9	16.3	10.0
Er = 23.45	23.3	24.3	23.9	21.65
Total	39.9	39.2	40.2	31.65

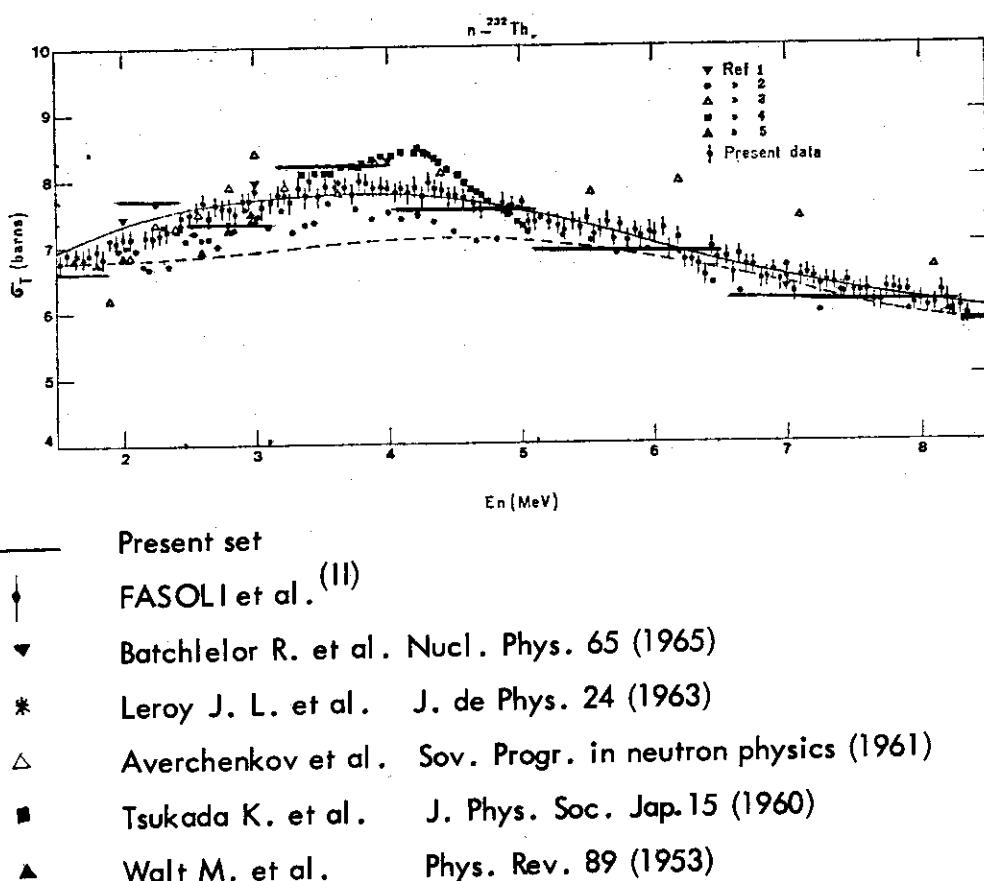


Fig. 1 Comparison of total cross section in 8.5 MeV ~ 1.5 MeV
(The original figure is published in ref. (II))

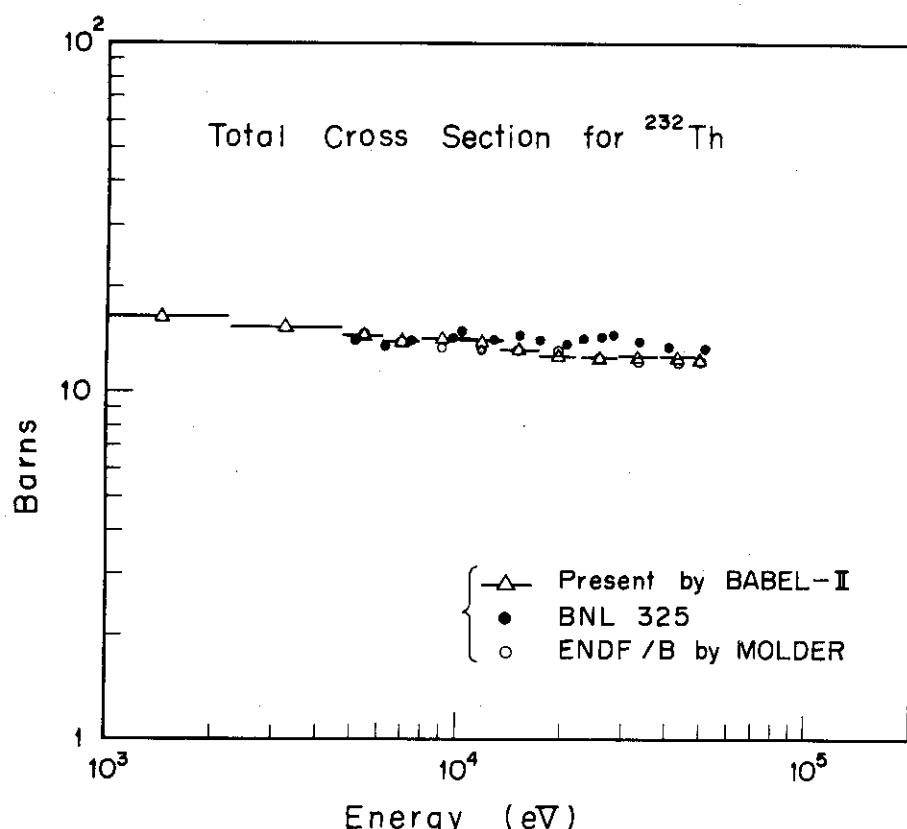


Fig. 2 Total cross section of ^{232}Th obtained by statistical method

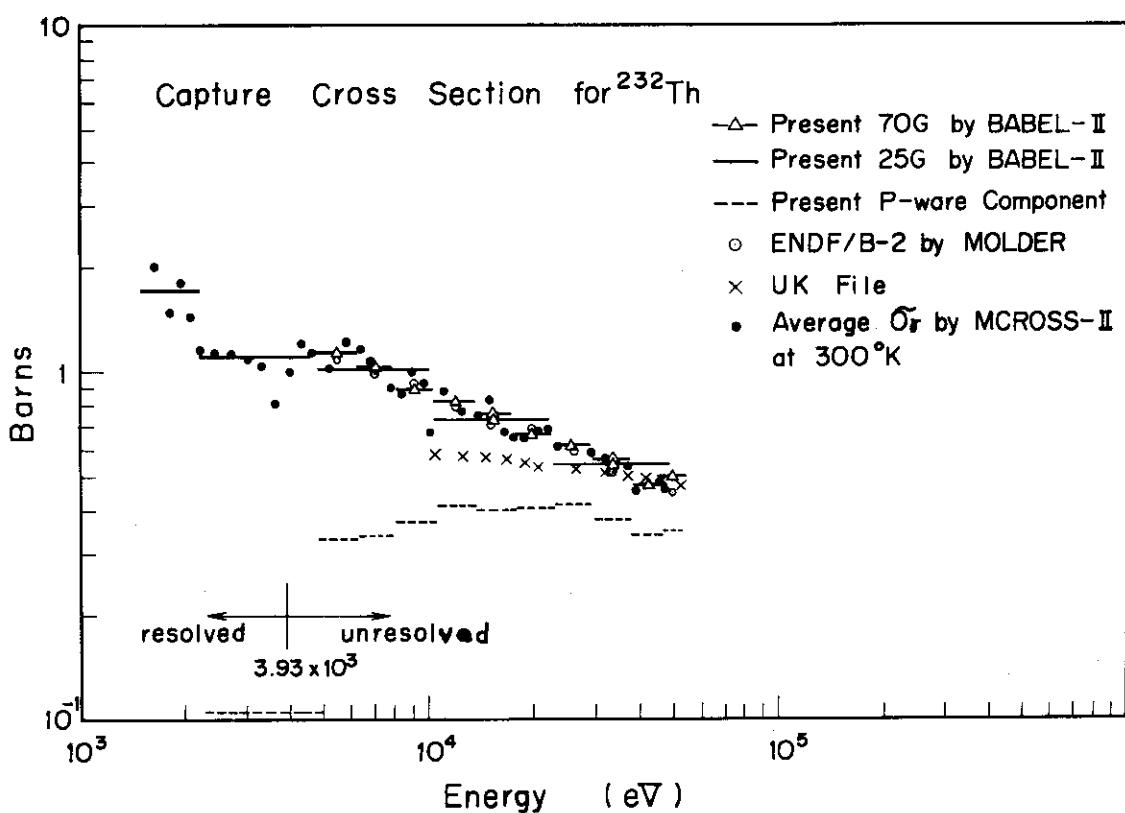


Fig. 3 Capture cross section of ^{232}Th obtained by statistical method

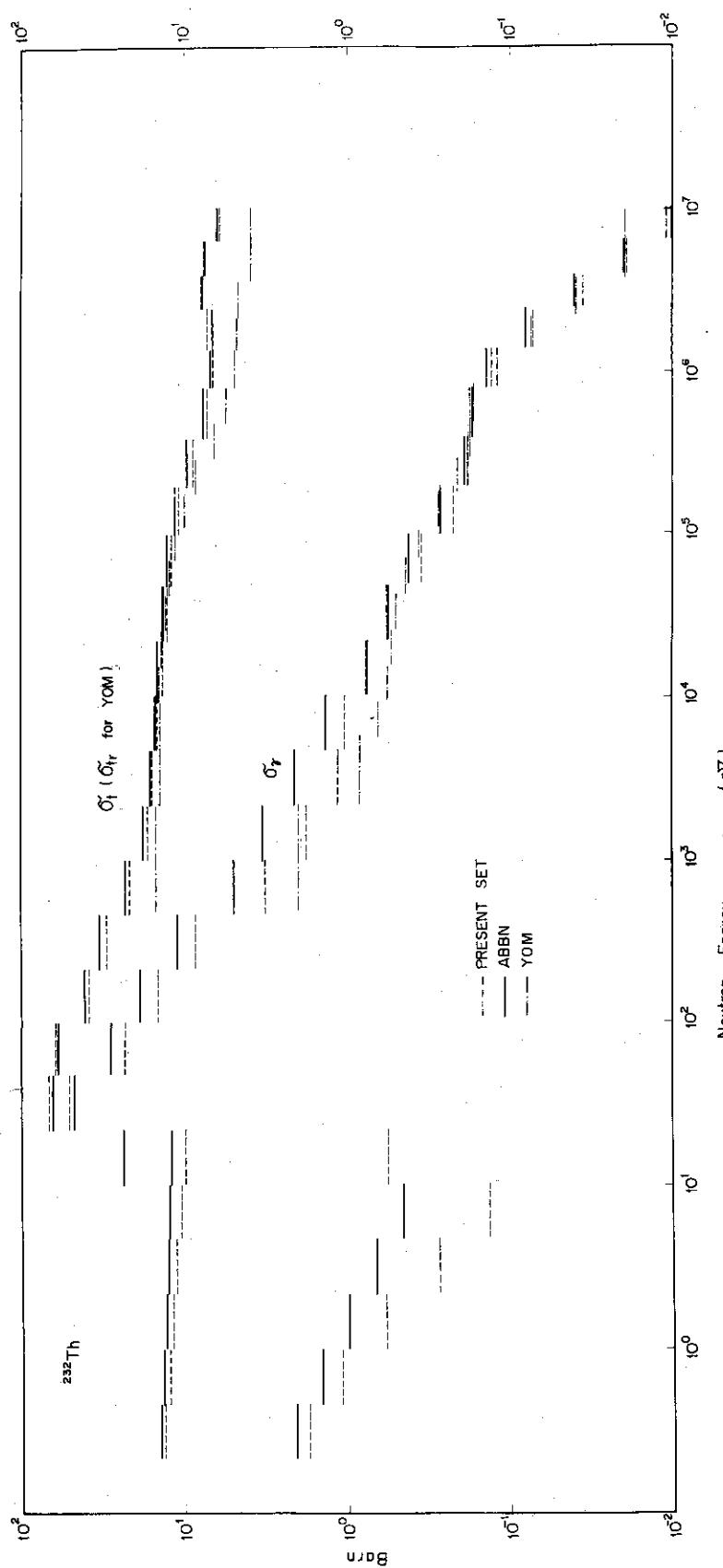


Fig. 4 Comparison of infinite dilute cross sections

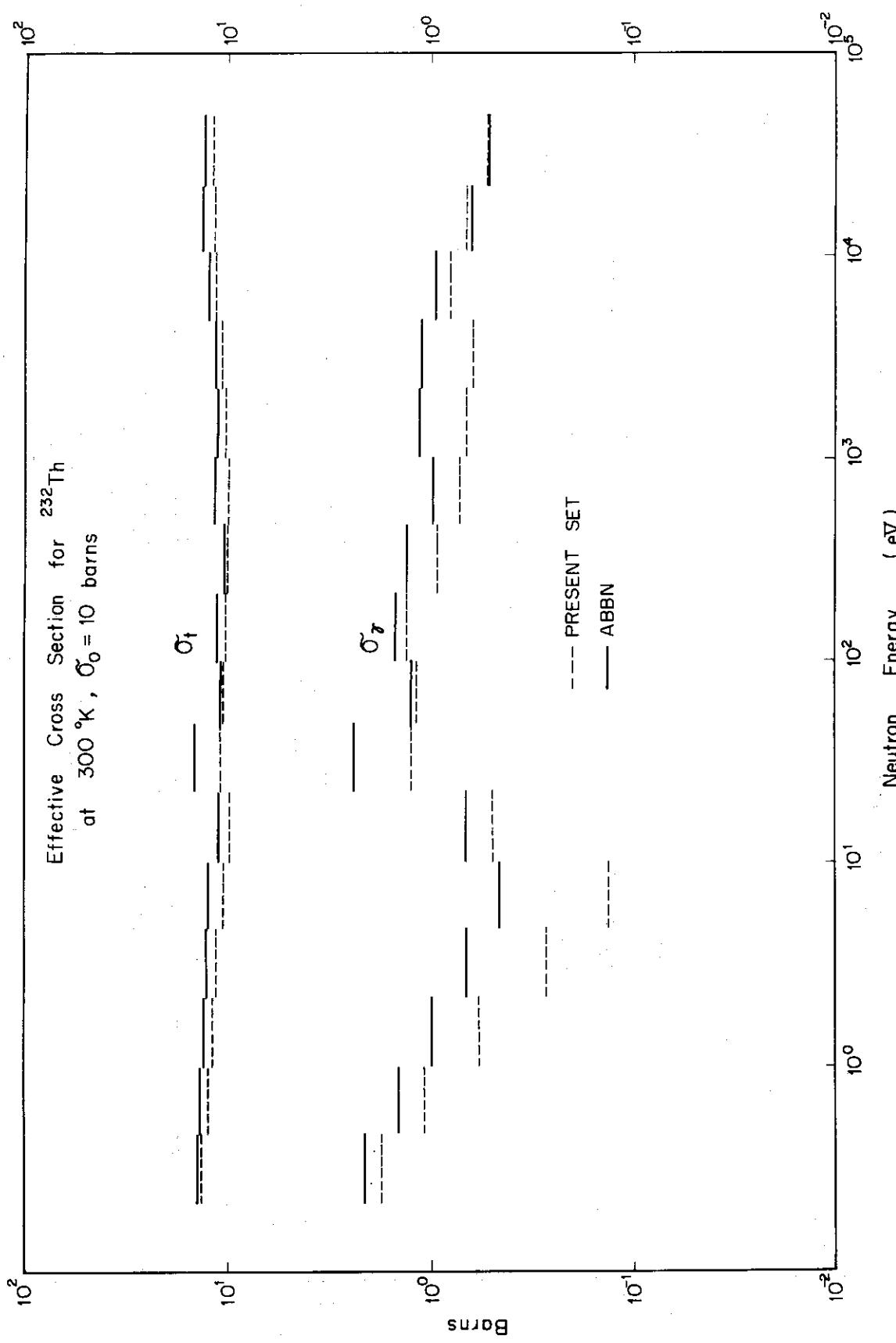


Fig. 5 Comparison of effective cross sections $T = 300\text{ }^{\circ}\text{K}$, $\sigma_0 = 10$ barns

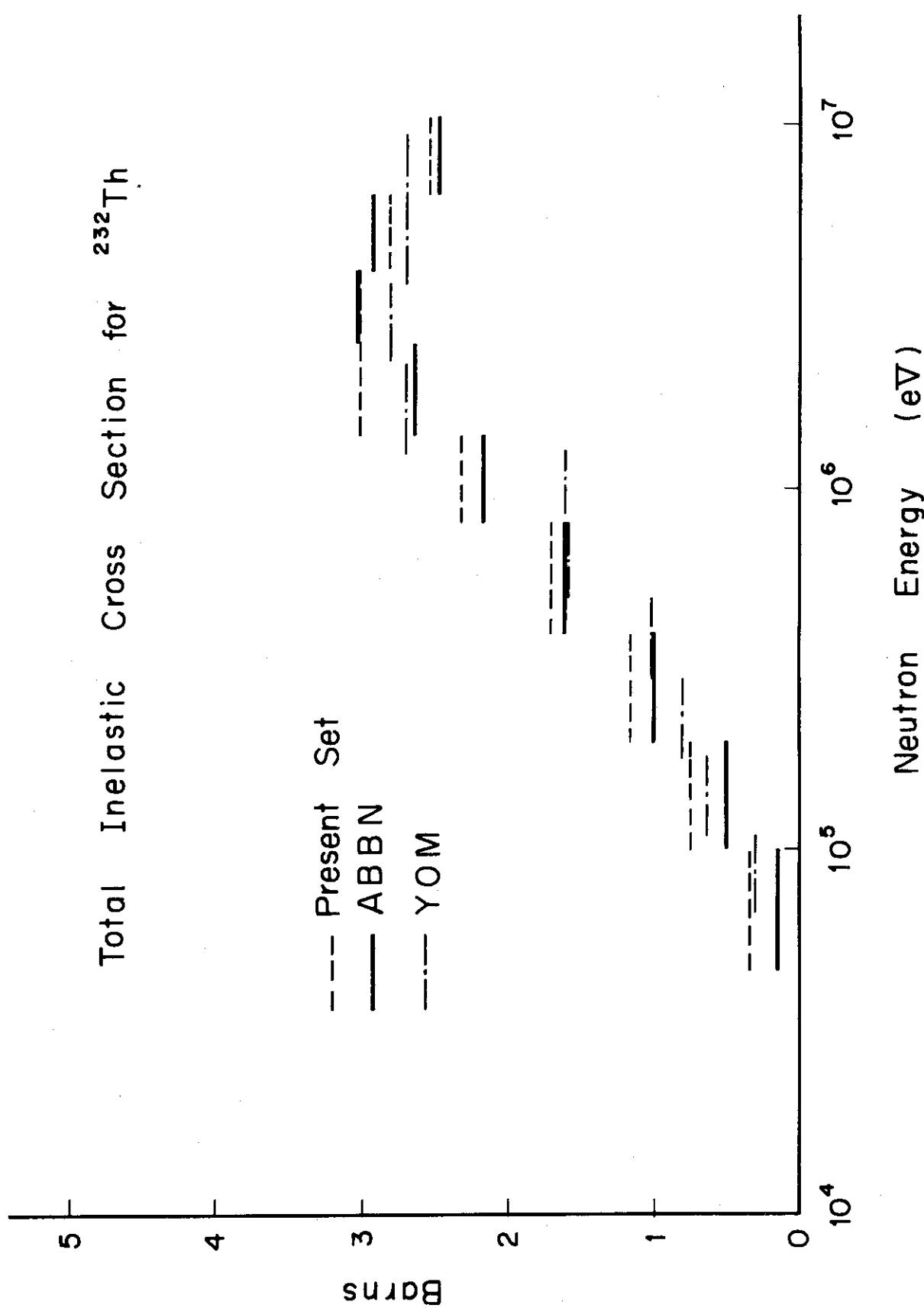


Fig. 6 Comparison of total inelastic scattering cross sections

APPENDIX

- I-1 Table of 70 group cross sections for infinite dilution
- I-2 Table of self shielding factors
- II-1 Table of 25 group cross sections for infinite dilution
- II-2 Table of self shielding factors

TABLE OF 70 GROUP CROSS SECTION FOR INFINITE DILUTION

ELEMENT**		TH 232		**		GROUP (1** 35)			
GROUP	TOTAL	FISSION	NU	CAPTURE	INELASTIC	ELASTIC	MU-E	ELASTIC-REMOVAL	FLUX
1	5.0162E-00	3.0157E-01	3.3200E-00	8.0220E-03	2.5283E-00	2.4977E-00	8.2114E-01	4.2344E-02	1.1032E-02
2	6.2198E-00	3.2329E-01	3.0080E-00	1.1638E-02	2.5471E-00	3.3377E-00	8.0462E-01	5.4285E-02	3.9224E-02
3	6.7058E-00	1.5044E-01	2.7590E-00	1.5714E-02	2.7813E-00	3.5958E-00	7.8467E-01	6.0026E-02	9.1898E-02
4	7.6980E-00	1.4411E-01	2.3640E-00	2.1395E-02	2.8276E-00	4.7049E-00	7.6744E-01	8.0069E-02	1.7104E-01
5	8.3076E-00	1.3721E-01	2.4080E-00	2.9639E-02	3.2817E-00	4.6591E-00	7.3389E-01	7.237CE-02	2.6387E-01
6	7.3840E-00	1.1937E-01	2.2910E-00	4.0879E-02	2.7608E-00	4.4629E-00	6.7726E-01	9.7491E-02	2.7287E-01
7	7.8752E-00	1.1320E-01	2.1970E-00	3.5982E-02	4.1056E-00	5.9984E-00	5.6621E-01	3.7632E-01	
8	6.6201E-00	8.4336E-02	2.1110E-00	8.5587E-02	2.4751E-00	3.9751E-00	5.3915E-01	6.1848E-02	4.0366E-01
9	6.6464E-00	6.5120E-02	2.0490E-00	1.2007E-01	2.3449E-00	4.1183E-00	8.2962E-01	2.8058E-01	
10	6.6231E-00	0.0	0.0	1.5614E-01	2.1733E-00	4.2937E-00	4.1887E-01	6.4538E-02	3.0217E-01
11	6.0394E-00	0.0	0.0	1.7599E-01	1.8796E-00	4.6484E-00	3.7230E-01	1.1413E-01	2.3904E-01
12	7.2177E-00	0.0	0.0	1.7971E-01	1.7141E-00	5.3239E-00	3.3982E-01	1.5034E-01	2.3139E-01
13	7.7293E-00	0.0	0.0	1.7911E-01	1.5216E-00	6.0288E-00	2.7504E-01	1.9072E-01	2.2361E-01
14	8.3056E-00	0.0	0.0	1.7841E-01	1.3477E-00	6.7795E-00	2.1588E-01	2.0112E-01	2.5559E-01
15	8.8726E-00	0.0	0.0	1.7782E-01	1.1365E-00	7.5583E-00	1.6997E-01	2.8039E-01	2.1613E-01
16	9.5143E-01	0.0	0.0	1.8484E-01	9.8054E-01	8.3489E-00	1.3588E-01	3.1710E-01	2.2500E-01
17	1.0398E-01	0.0	0.0	2.0152E-01	9.3653E-01	9.2600E-00	1.0456E-01	2.8838E-01	2.9167E-01
18	1.0934E-01	0.0	0.0	2.2340E-01	6.7082E-01	1.0040E-01	8.0234E-02	3.9261E-01	2.2500E-01
19	1.1429E-01	0.0	0.0	2.4883E-01	5.4545E-01	1.0639E-01	6.4876E-02	4.9780E-01	1.8333E-01
20	1.1898E-01	0.0	0.0	2.8528E-01	4.3544E-01	1.1177E-01	5.1461E-02	3.6761E-01	2.5795E-01
21	1.2387E-01	0.0	0.0	3.4679E-01	2.7849E-01	1.1761E-01	3.9041E-01	3.9803E-01	2.5746E-01
22	1.2712E-01	0.0	0.0	4.1889E-01	3.1861E-01	1.1975E-01	2.9708E-02	4.0041E-01	2.5257E-01
23	1.2679E-01	0.0	0.0	4.9101E-01	0.0	1.2188E-01	2.2184E-01	4.0280E-01	2.5874E-01
24	1.2677E-01	0.0	0.0	5.6394E-01	0.0	1.2113E-01	1.6393E-02	3.8970E-01	2.6137E-01
25	1.2801E-01	0.0	0.0	6.3423E-01	0.0	1.2167E-01	1.1905E-01	4.0040E-01	2.5982E-01
26	1.2877E-01	0.0	0.0	6.8011E-01	0.0	1.2197E-01	8.4374E-03	4.4570E-01	2.6154E-01
27	1.3480E-01	0.0	0.0	7.6885E-01	0.0	1.2711E-01	5.7782E-03	4.2610E-01	2.5488E-01
28	1.4159E-01	0.0	0.0	8.4714E-01	0.0	1.3311E-01	3.7339E-03	3.7080E-01	2.5740E-01
29	1.4667E-01	0.0	0.0	9.1688E-01	0.0	1.3690E-01	2.8697E-03	4.4560E-01	2.6033E-01
30	1.4488E-01	0.0	0.0	1.0578E-00	0.0	1.3428E-01	2.8697E-03	4.8950E-01	2.5952E-01
31	1.4605E-01	0.0	0.0	1.1663E-00	0.0	1.3438E-01	2.8696E-03	4.5080E-01	2.3424E-01
32	1.5511E-01	0.0	0.0	1.1310E-00	0.0	1.4338E-01	2.8696E-03	4.2260E-01	2.5874E-01
33	1.4687E-01	0.0	0.0	9.8280E-01	0.0	1.3704E-01	2.8696E-03	4.9340E-01	2.6137E-01
34	1.6979E-01	0.0	0.0	1.3049E-00	0.0	1.5674E-01	2.8695E-03	5.1340E-01	2.5982E-01
35	1.5511E-01	0.0	0.0	1.5833E-00	0.0	1.3928E-01	2.8696E-03	8.3780E-01	2.6154E-01

CONTINUED

TABLE OF 70 GROUP CROSS SECTION FOR INFINITE DILUTION

ELEMENT**		TH 232		**		GROUP (36** 70)			
GROUP	TOTAL	FISSION	NU	CAPTURE	INELASTIC	ELASTIC	MU-E	ELASTIC-REMOVAL	FLUX
36	2.0009E-01	0.0	0.0	2.0622E-00	0.0	1.7947E-01	2.8697E-03	8.7640E-01	2.5486E-01
37	1.4937E-01	0.0	0.0	1.7315E-01	0.0	1.3206E-01	2.8696E-03	9.0390E-01	2.5740E-01
38	1.9335E-01	0.0	0.0	2.5394E-00	0.0	1.6796E-01	2.8695E-03	3.8000E-01	2.6033E-01
39	2.8790E-01	0.0	0.0	4.1696E-00	0.0	2.4620E-01	2.8696E-03	4.2590E-01	2.5874E-01
40	1.7128E-01	0.0	0.0	2.8743E-01	0.0	1.4254E-01	2.8695E-03	4.4890E-01	2.5422E-01
41	2.2236E-01	0.0	0.0	5.3109E-00	0.0	1.6923E-01	2.8696E-03	5.4480E-01	2.5874E-01
42	3.5811E-01	0.0	0.0	9.7594E-01	0.0	2.6052E-01	2.8696E-03	2.8880E-01	2.6137E-01
43	3.2195E-01	0.0	0.0	1.0681E-01	0.0	2.1514E-01	2.8695E-03	2.8280E-01	2.5982E-01
44	5.4115E-01	0.0	0.0	1.7094E-01	0.0	3.7021E-01	2.8695E-03	1.2660E-01	2.6154E-01
45	1.1975E-01	0.0	0.0	2.1549E-01	0.0	9.8201E-01	2.8698E-03	7.1980E-01	2.5486E-01
46	4.9244E-01	0.0	0.0	2.4342E-01	0.0	2.4902E-01	2.8696E-03	3.3510E-01	2.5740E-01
47	1.1362E-01	0.0	0.0	6.4581E-02	0.0	1.1297E-01	2.8696E-03	4.3760E-01	2.6033E-01
48	1.3020E-02	0.0	0.0	5.3324E-01	0.0	9.6678E-01	2.8696E-03	3.9851E-01	2.5952E-01
49	2.6233E-01	0.0	0.0	1.5767E-01	0.0	1.0466E-01	2.8697E-03	3.0709E-01	2.5422E-01
50	9.4928E-00	0.0	0.0	5.7145E-02	0.0	9.4357E-01	2.8695E-03	3.2660E-01	2.5874E-01
51	1.0747E-01	0.0	0.0	7.1033E-02	0.0	1.0676E-01	2.8697E-03	3.8590E-01	2.6137E-01
52	1.8553E-02	0.0	0.0	1.5528E-02	0.0	3.0254E-01	2.8696E-03	1.6200E-00	2.5982E-01
53	9.7926E-00	0.0	0.0	1.5010E-00	0.0	8.2916E-01	2.8697E-03	3.1620E-01	2.6154E-01
54	9.2331E-00	0.0	0.0	1.2545E-01	0.0	9.7977E-01	2.8696E-03	3.1010E-01	2.5486E-01
55	1.0307E-01	0.0	0.0	8.0867E-02	0.0	1.0126E-01	2.8697E-03	3.4560E-01	2.5467E-01
56	1.0491E-01	0.0	0.0	1.4392E-01	0.0	1.0347E-01	2.8695E-03	3.4970E-01	2.5749E-01
57	1.0641E-01	0.0	0.0	1.1116E-01	0.0	1.0530E-01	2.8696E-03	3.5530E-01	2.5672E-01
58	1.0867E-01	0.0	0.0	1.4887E-01	0.0	1.0738E-01	2.8697E-03	3.6770E-01	2.5160E-01
59	1.1033E-01	0.0	0.0	2.0049E-01	0.0	1.0833E-01	2.8696E-03	3.4270E-01	2.5603E-01
60	1.1239E-01	0.0	0.0	2.7036E-01	0.0	1.0969E-01	2.8697E-03	3.6600E-01	2.5865E-01
61	1.1453E-01	0.0	0.0	3.5866E-01	0.0	1.1094E-01	2.8696E-03	3.7330E-01	2.5717E-01
62	1.1671E-01	0.0	0.0	4.6613E-01	0.0	1.1205E-01	2.8698E-03	3.2120E-01	2.5897E-01
63	1.1892E-01	0.0	0.0	5.9174E-01	0.0	1.1300E-01	2.8696E-03	3.8380E-01	2.5261E-01
64	1.2114E-01	0.0	0.0	7.3530E-01	0.0	1.1379E-01	2.8696E-03	3.8590E-01	2.5574E-01
65	1.2405E-01	0.0	0.0	9.0433E-01	0.0	1.1901E-01	2.8696E-03	3.2540E-01	2.5750E-01
66	1.2514E-01	0.0	0.0	1.0781E-00	0.0	1.1436E-01	2.8697E-03	3.7660E-01	2.5672E-01
67	1.2922E-01	0.0	0.0	1.2949E-00	0.0	1.1627E-01	2.8695E-03	2.5610E-01	2.5161E-01
68	1.2944E-01	0.0	0.0	1.4889E-00	0.0	1.1463E-01	2.8696E-03	2.0480E-01	2.5603E-01
69	1.3289E-01	0.0	0.0	1.7382E-00	0.0	1.1558E-01	2.8696E-03	1.6800E-01	2.5865E-01
70	1.3791E-01	0.0	0.0	2.0305E-00	0.0	1.1761E-01	2.8696E-03	0.0	2.5717E-01

TABLE OF INELASTIC MATRICES

ELEMENT** TH 232 **
GROUP RANGE (I= 1** 9 , J= 1**30)

GROUP	I=I+K	(I)	(K)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		
		20	21	22	23	24	25	26	27	28	29		
1	0.0	6.24248E-04	2.8603E-03	1.1316E-02	2.4329E-02	6.4149E-02	1.3848E-01	1.8446E-01	3.8344E-01				
	3.9839E-C1	4.5279E-01	4.6231E-01	5.0969E-01	3.8281E-01	3.3442E-C1	3.3201E-01	1.8758E-01	1.1553E-01	1.1742E-01			
	7.7423E-C2	4.9291E-02	3.2175E-C2	2.0422E-02	1.2607E-02	7.8011E-03	4.6627E-03	2.8856E-03	1.7198E-03	1.0361E-03			
2	0.0	1.6756E-03	7.6771E-03	3.0372E-02	6.2534E-02	1.5157E-01	2.6404E-01	2.5445E-01	3.5140E-01	2.5617E-01			
	2.3912E-C1	2.2420E-01	2.4623E-01	1.942E-01	1.81C3E-01	1.9461E-01	1.1892E-01	7.7295E-02	8.2559E-02	5.7172E-02			
	3.7859E-02	2.5380E-02	1.6487E-02	1.4379E-02	6.5329E-03	3.9567E-03	2.4718E-03	1.3888E-03	8.4231E-04	5.0292E-04			
3	1.3280E-03	1.0719E-02	4.2425E-02	8.7310E-02	2.1162E-01	3.6806E-01	3.5122E-01	4.6937E-01	3.1173E-01	2.4495E-01			
	1.9028E-01	1.6157E-01	9.7991E-02	7.2827E-02	6.2253E-02	3.1123E-02	1.7741E-02	1.6906E-02	1.0478E-02	6.3617E-03			
	3.9888E-03	2.4531E-03	1.4774E-03	8.9786E-04	5.2942E-04	3.2412E-04	1.6109E-06	9.8495E-07	5.9193E-07	3.6818E-07			
4	4.9352E-03	3.5046E-02	7.6266E-02	1.9447E-01	3.5455E-01	3.5097E-01	4.8128E-01	3.2671E-01	2.6575E-01	2.0453E-01			
	1.7525E-01	1.0704E-01	7.9971E-02	6.9628E-02	3.4446E-02	1.9651E-02	1.8741E-02	1.1624E-02	7.0555E-03	4.4311E-03			
	2.7162E-03	1.6383E-03	9.9996E-04	5.8970E-04	3.6124E-04	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0			
5	3.3584E-C1	2.9589E-C1	2.5361E-C1	2.7485E-01	2.9896E-01	4.4168E-01	3.1753E-01	2.6813E-01	2.1242E-01	1.8641E-01			
	1.1601E-02	8.7891E-02	7.6402E-02	3.8702E-02	2.2240E-02	2.1324E-02	1.3293E-02	8.1072E-03	5.0997E-03	3.1402E-03			
	1.8912E-03	1.1564E-03	6.8371E-04	4.1914E-04	0.0	C.0	C.0	0.0	0.0	0.0			
6	1.4366E-C1	2.2529E-01	3.1851E-01	3.2450E-01	3.7450E-01	2.8663E-01	2.5222E-01	2.0624E-01	1.8580E-01	1.1807E-01			
	9.0804E-02	8.0059E-C2	4.1013E-02	2.3732E-02	2.2892E-02	1.4352E-C2	8.7900E-03	5.5436E-03	3.4310E-03	2.0665E-03			
	1.2625E-03	7.4917E-04	4.5964E-04	2.0045E-04	0.0	C.0	C.0	0.0	0.0	0.0			
7	3.7852E-C1	7.7032E-01	8.9369E-01	5.4994E-01	2.1711E-01	1.7708E-01	1.4967E-01	1.3859E-C1	9.0005E-C2	7.0318E-02			
	6.2898E-02	3.2667E-02	1.9004E-02	1.8445E-02	1.1633E-02	7.1551E-03	4.5318E-03	2.8100E-03	1.6984E-03	1.0360E-03			
	6.1607E-04	3.7870E-04	C.0										
8	5.7734E-01	3.1071E-01	5.0195E-C1	5.2266E-01	2.1428E-01	9.1131E-02	4.3124E-02	2.8525E-02	1.9548E-02				
	1.0290E-02	6.0531E-03	5.9213E-C3	3.7626E-03	2.3281E-03	1.4812E-C3	9.2043E-04	5.5966E-04	3.4114E-04	0.0			
	0.0	C.0	C.0	0.0	0.0	C.0	C.0	0.0	0.0	0.0			
9	7.2434E-01	5.4715E-01	5.2361E-02	2.6438E-01	2.6242E-01	2.0968E-01	5.1928E-02	6.9705E-C2	4.9245E-02	3.9299E-02			
	1.2122E-02	1.4803E-02	9.4860E-03	1.4078E-03	5.8621E-03	3.8052E-03	4.0311E-03	5.4865E-C3	4.8101E-03	3.3541E-03			
	7.8937E-C3	C.0	7.5768E-03	2.7315E-C3	0.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0			

CONTINUED

TABLE OF INELASTIC MATRICES

ELEMENT** TH 232 **
GROUP RANGE (I= 10**18 , J= 1**30)

GROUP	I=I+K	(I)	(K)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		
		20	21	22	23	24	25	26	27	28	29		
10	9.3668E-01	6.1514E-01	8.9715E-02	7.7380E-03	3.9824E-02	1.0293E-C1	8.7309E-02	6.5652E-02	3.9548E-02	1.8267E-02			
	1.7345E-02	1.4366E-02	1.5960E-02	2.3068E-02	3.0710E-02	1.0594E-02	1.2920E-02	1.4363E-02	1.4532E-02	6.8598E-03			
	3.1047E-04	4.5339E-03	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0			
11	9.3473E-C1	7.0076E-01	1.4460E-01	4.5529E-C2	4.3899E-03	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	6.2182E-04		
	5.9177E-C3	3.3648E-03	2.7733E-03	0.0	2.5272E-03	3.16631E-C3	3.1653E-03	4.5414E-03	4.6369E-03	2.7751E-03			
12	6.6802E-03	2.6672E-04	9.6022E-03	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0			
	5.2360E-01	9.4590E-01	1.9194E-C1	2.4152E-02	1.4902E-02	1.3618E-02	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0		
	0.0	C.0	C.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
13	2.9048E-01	1.0244E-00	1.2126E-01	5.2962E-02	4.6840E-03	8.2333E-03	8.9859E-03	5.7924E-03	1.7831E-03	0.0			
	0.0	C.0	C.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
	0.0	C.0	C.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
14	2.9367E-C1	8.5152E-01	6.5404E-02	7.7229E-02	1.7611E-02	C.0	C.0	C.0	1.2802E-03	2.1459E-03	1.7685E-03		
	1.4574E-03	C.0	8.6195E-04	1.1143E-03	1.9728E-03	2.6775E-C3	3.4187E-03	5.2373E-03	6.0445E-03	1.9788E-03			
	6.4486E-C3	5.8041E-03	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0		
15	8.1608E-02	4.9970E-01	4.6053E-01	3.5217E-02	2.7590E-02	3.1863E-C2	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0		
	0.0	C.0	C.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
16	0.0	4.4237E-01	4.9987E-01	C.0	5.2881E-03	1.6197E-02	6.0294E-03	8.4774E-C3	2.3027E-03	0.0			
	0.0	C.0	C.0	0.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0		
	0.0	C.0	C.0	0.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0		
17	0.0	3.9188E-01	2.4933E-01	1.6195E-01	C.0	C.0	C.0	C.0	4.9741E-04	3.4645E-03	7.0405E-03		
	8.8963E-03	1.4759E-02	9.5290E-03	1.0198E-02	2.4360E-02	C.0	C.0	9.8767E-03	2.4849E-C2	0.0			
	0.0	C.0	C.0	0.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0		
18	0.0	C.0	5.1246E-C1	1.2836E-01	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0		
	0.0	C.0	C.0	0.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0		
	0.0	C.0	C.0	0.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0		
19	0.0	C.0	2.7273E-C1	2.7273E-01	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0		
	0.0	C.0	C.0	0.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0		
	0.0	C.0	C.0	0.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0		
20	0.0	0.0	9.6918E-02	1.4384E-01	1.2001E-01	2.4682E-C2	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0		
	0.0	C.0	C.0	0.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0		
	0.0	C.0	C.0	0.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0		
21	0.0	C.0	C.0	C.0	6.6979E-02	1.0416E-01	7.3533E-02	C.0	C.0	3.3814E-02	0.0		
	0.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0		
	0.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0		
22	0.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0		
	0.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0		
	0.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0	C.0		

I-2 SHIELDING FACTOR FOR TH-232

	TOTAL						CAPTURE						ELASTIC						REMOVAL																																	
	1000.	100.	10.	1.	1000.	100.	10.	1.	1000.	100.	10.	1.	1000.	100.	10.	1.	1000.	100.	10.	1.	1000.	100.	10.	1.																												
23	300.0	0.999	0.988	0.950	0.924	1.000	0.994	0.971	0.951	0.999	0.994	0.973	0.959	0.999	0.986	0.904	0.688	900.0	0.999	0.993	0.969	0.951	0.999	0.988	0.914	0.697																										
	2100.0	0.999	0.995	0.976	0.965	0.999	0.997	0.988	0.974	1.000	0.997	0.984	0.974	0.999	0.988	0.914	0.702																																			
24	300.0	0.999	0.987	0.948	0.924	0.999	0.992	0.962	0.938	0.999	0.993	0.973	0.956	0.999	0.987	0.907	0.673	900.0	0.999	0.992	0.967	0.951	1.000	0.996	0.982	0.974	0.998	0.987	0.911	0.678	2100.0	0.999	0.995	0.977	0.966	1.000	0.997	0.986	0.975	0.997	0.988	0.913	0.682									
25	300.0	0.998	0.980	0.931	0.901	0.999	0.990	0.954	0.926	0.999	0.990	0.961	0.944	0.997	0.976	0.867	0.615	900.0	0.998	0.987	0.953	0.932	0.999	0.994	0.974	0.962	0.999	0.981	0.877	0.620	2100.0	0.999	0.991	0.966	0.950	0.999	0.996	0.982	0.973	1.002	0.985	0.884	0.625									
26	300.0	0.997	0.977	0.923	0.893	0.998	0.985	0.938	0.910	0.999	0.988	0.956	0.939	0.994	0.950	0.800	0.543	900.0	0.998	0.985	0.947	0.927	0.998	0.991	0.963	0.948	0.999	0.993	0.972	0.960	0.994	0.959	0.816	0.548	2100.0	0.999	0.990	0.963	0.947	0.999	0.994	0.976	0.958	0.999	0.995	0.972	0.964	0.993	0.964	0.827	0.552	
27	300.0	0.995	0.964	0.889	0.849	0.998	0.980	0.916	0.865	0.998	0.981	0.934	0.909	0.996	0.967	0.834	0.565	900.0	0.997	0.978	0.921	0.890	0.999	0.989	0.951	0.915	0.998	0.988	0.955	0.935	0.997	0.975	0.851	0.573	2100.0	0.999	0.984	0.941	0.916	0.999	0.993	0.967	0.939	0.999	0.992	0.968	0.952	0.998	0.979	0.862	0.579	
28	300.0	0.990	0.935	0.826	0.766	0.995	0.965	0.874	0.810	0.995	0.965	0.892	0.853	0.999	0.992	0.898	0.592	900.0	0.994	0.958	0.869	0.824	0.997	0.980	0.919	0.870	0.997	0.977	0.923	0.893	1.000	0.996	0.912	0.601	2100.0	0.996	0.970	0.900	0.862	0.998	0.987	0.943	0.904	0.998	0.997	0.944	0.920	1.001	0.997	0.919	0.608	
29	300.0	0.987	0.917	0.798	0.738	0.994	0.955	0.843	0.775	0.993	0.953	0.871	0.831	0.992	0.937	0.774	0.501	900.0	0.991	0.943	0.845	0.798	0.997	0.975	0.902	0.851	0.996	0.969	0.904	0.872	0.995	0.954	0.794	0.505	2100.0	0.994	0.958	0.876	0.834	0.998	0.984	0.933	0.893	0.997	0.997	0.926	0.898	0.999	0.966	0.811	0.509	
30	300.0	0.989	0.926	0.811	0.763	0.993	0.943	0.806	0.723	0.994	0.960	0.882	0.846	0.990	0.925	0.720	0.434	900.0	0.994	0.952	0.856	0.813	0.997	0.968	0.873	0.805	0.997	0.975	0.915	0.882	1.004	0.953	0.746	0.433	2100.0	0.997	0.968	0.890	0.848	0.999	0.981	0.914	0.857	0.999	0.983	0.937	0.907	1.011	0.969	0.768	0.436	
31	300.0	0.985	0.907	0.785	0.732	0.990	0.921	0.759	0.688	0.993	0.950	0.865	0.828	0.995	0.953	0.769	0.482	900.0	0.990	0.937	0.832	0.788	0.993	0.953	0.840	0.789	0.995	0.967	0.900	0.870	0.985	0.950	0.775	0.469	2100.0	0.993	0.957	0.868	0.829	0.994	0.969	0.890	0.855	0.996	0.977	0.925	0.891	0.978	0.946	0.780	0.463	
32	300.0	0.970	0.846	0.707	0.647	0.977	0.865	0.653	0.569	0.985	0.910	0.799	0.755	0.993	0.945	0.792	0.547	900.0	0.982	0.890	0.753	0.703	0.987	0.916	0.791	0.673	0.991	0.939	0.840	0.801	0.995	0.957	0.803	0.531	2100.0	0.988	0.921	0.796	0.749	0.993	0.947	0.821	0.760	0.994	0.959	0.875	0.841	0.997	0.965	0.813	0.521	
33	300.0	0.967	0.849	0.724	0.530	0.972	0.828	0.563	0.442	0.984	0.911	0.815	0.760	0.982	0.886	0.707	0.503	900.0	0.978	0.883	0.761	0.693	0.984	0.888	0.672	0.556	0.989	0.935	0.844	0.804	0.988	0.914	0.723	0.483	2100.0	0.984	0.908	0.795	0.744	0.989	0.923	0.756	0.651	0.992	0.949	0.868	0.833	0.993	0.932	0.736	0.464	
34	300.0	0.944	0.763	0.618	0.560	0.953	0.738	0.442	0.343	0.972	0.857	0.724	0.679	0.981	0.879	0.686	0.489	900.0	0.965	0.817	0.660	0.611	0.973	0.824	0.522	0.443	0.983	0.897	0.769	0.725	0.995	0.917	0.706	0.469	2100.0	0.978	0.863	0.703	0.653	0.987	0.883	0.652	0.545	0.990	0.926	0.810	0.768	1.019	0.955	0.726	0.468	
35	300.0	0.964	0.825	0.698	0.660	0.959	0.745	0.424	0.315	0.984	0.910	0.810	0.774	0.981	0.741	0.475	0.294	900.0	0.974	0.870	0.733	0.691	0.968	0.826	0.540	0.420	0.987	0.935	0.841	0.803	0.909	0.745	0.472	0.268	2100.0	0.978	0.902	0.770	0.721	0.969	0.875	0.638	0.517	0.987	0.950	0.869	0.831	0.865	0.738	0.469	0.246	
36	300.0	0.883	0.639	0.495	0.395	0.916	0.620	0.319	0.234	0.938	0.763	0.616	0.556	0.948	0.716	0.431	0.271	900.0	0.923	0.697	0.527	0.461	0.953	0.726	0.413	0.305	0.952	0.814	0.656	0.601	0.962	0.774	0.447	0.258	2100.0	0.948	0.748	0.560	0.505	0.971	0.799	0.501	0.384	0.974	0.854	0.694	0.642	0.944	0.792	0.454	0.245	
37	300.0	0.939	0.805	0.712	0.681	0.937	0.708	0.415	0.317	0.971	0.885	0.813	0.788	0.875	0.570	0.385	0.269	0.247	900.0	0.960	0.839	0.739	0.707	0.963	0.792	0.526	0.423	0.981	0.909	0.834	0.806	0.919	0.641	0.403	0.224	2100.0	0.975	0.870	0.766	0.731	0.982	0.855	0.623	0.527	0.990	0.931	0.853	0.825	0.946	0.706	0.424	0.224
38	300.0	0.847	0.636	0.530	0.484	0.884	0.568	0.279	0.207	0.915	0.753	0.647	0.611	0.990	0.930	0.771	0.374	0.248	900.0	0.888	0.679	0.552	0.515	0.925	0.667	0.365	0.280	0.941	0.789	0.672	0.636	0.992	0.938	0.762	0.345	2100.0	0.918	0.719	0.579	0.543	0.949	0.743	0.452	0.366	0.958	0.823	0.698	0.663	0.994	0.943	0.757	0.311
39	300.0	0.710	0.436	0.322	0.244	0.825	0.459	0.199	0.139	0.827	0.572	0.439	0.392	0.981	0.879	0.682	0.448	0.248	900.0	0.777	0.477	0.341	0.283	0.878																												

41	300.0	0.904	0.546	0.465	0.491	0.812	0.400	0.157	0.107	0.814	0.736	0.638	0.606	0.911	0.687	0.520	0.346
	900.0	0.867	0.591	0.478	0.448	0.886	0.514	0.209	0.136	0.844	0.779	0.659	0.623	0.953	0.763	0.528	0.293
	2100.0	0.906	0.641	0.492	0.461	0.925	0.614	0.216	0.171	0.962	0.820	0.681	0.639	0.989	0.838	0.532	0.235
42	300.0	0.637	0.344	0.275	0.247	0.715	0.479	0.195	0.076	0.806	0.534	0.421	0.397	0.997	0.980	0.878	0.568
	900.0	0.731	0.380	0.286	0.264	0.807	0.372	0.135	0.089	0.865	0.589	0.496	0.421	0.996	0.978	0.875	0.543
	2100.0	0.832	0.429	0.300	0.293	0.468	0.469	0.175	0.113	0.906	0.648	0.477	0.449	0.995	0.978	0.865	0.485
43	300.0	0.653	0.372	0.314	0.302	0.704	0.265	0.097	0.068	0.836	0.595	0.498	0.481	0.999	0.986	0.877	0.536
	900.0	0.745	0.407	0.323	0.313	0.799	0.358	0.126	0.083	0.885	0.645	0.520	0.500	0.999	0.989	0.880	0.479
	2100.0	0.814	0.454	0.334	0.324	0.862	0.495	0.166	0.106	0.922	0.697	0.544	0.519	0.998	0.995	0.871	0.356
44	300.0	0.460	0.248	0.197	0.184	0.601	0.232	0.092	0.059	0.642	0.394	0.312	0.294	1.015	1.014	0.867	0.429
	900.0	0.541	0.269	0.201	0.189	0.597	0.302	0.114	0.068	0.716	0.429	0.323	0.301	1.021	1.050	0.948	0.495
	2100.0	0.621	0.300	0.210	0.196	0.774	0.379	0.143	0.080	0.782	0.472	0.337	0.307	1.099	1.200	1.129	0.553
45	300.0	0.952	0.839	0.796	0.775	0.896	0.468	0.195	0.138	0.996	0.979	0.964	0.952	0.911	0.632	0.398	0.298
	900.0	0.952	0.853	0.797	0.772	0.856	0.331	0.233	0.160	0.993	0.979	0.962	0.946	0.861	0.617	0.349	0.241
	2100.0	0.951	0.886	0.798	0.766	0.871	0.581	0.270	0.178	0.990	0.979	0.959	0.938	0.816	0.602	0.306	0.186
46	300.0	0.503	0.254	0.218	0.224	0.613	0.220	0.095	0.093	0.752	0.509	0.437	0.450	0.985	0.945	0.832	0.340
	900.0	0.615	0.287	0.225	0.233	0.734	0.305	0.122	0.117	0.826	0.560	0.461	0.476	0.962	0.927	0.803	0.291
	2100.0	0.711	0.330	0.235	0.247	0.872	0.403	0.162	0.159	0.882	0.671	0.490	0.506	0.980	0.908	0.761	0.194
47	300.0	1.000	0.999	0.996	0.993	1.000	0.999	0.993	0.980	1.000	1.000	0.999	0.996	1.000	0.996	0.965	0.867
	900.0	1.000	1.000	0.996	0.993	1.001	1.000	0.995	0.983	1.000	1.000	0.999	0.996	1.000	0.996	0.965	0.867
	2100.0	1.000	1.000	0.995	0.993	1.002	1.001	0.997	0.985	1.000	1.000	0.999	0.996	1.000	0.996	0.965	0.867
48	300.0	0.193	0.103	0.078	0.080	0.321	0.112	0.054	0.036	0.383	0.193	0.147	0.156	0.943	0.945	0.732	0.409
	900.0	0.235	0.105	0.077	0.079	0.417	0.136	0.058	0.031	0.463	0.212	0.150	0.157	1.130	0.981	0.645	0.343
	2100.0	0.303	0.112	0.078	0.079	0.519	0.379	0.065	0.039	0.561	0.244	0.156	0.159	1.406	1.017	0.498	0.234
49	300.0	0.626	0.363	0.325	0.324	0.673	0.235	0.073	0.054	0.926	0.822	0.791	0.800	1.001	1.001	0.993	1.085
	900.0	0.706	0.381	0.325	0.324	0.759	0.303	0.083	0.049	0.943	0.839	0.797	0.805	1.001	1.001	0.992	1.098
	2100.0	0.738	0.405	0.328	0.326	0.765	0.353	0.093	0.048	0.944	0.852	0.803	0.808	1.000	0.998	0.984	1.082
50	300.0	1.000	1.000	1.000	0.999	1.000	1.000	0.994	0.983	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.999	0.991	0.944
	900.0	1.000	1.000	1.000	0.999	1.001	1.000	0.946	0.987	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.999	0.991	0.944
	2100.0	1.000	1.000	1.000	0.999	1.005	1.005	1.001	0.993	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.999	0.990	0.944
51	300.0	0.996	0.996	0.993	0.987	0.991	0.990	0.985	0.965	0.996	0.996	0.996	0.992	1.000	0.997	0.977	0.900
	900.0	0.996	0.996	0.993	0.987	0.991	0.991	0.986	0.965	0.996	0.996	0.996	0.992	1.000	0.997	0.977	0.900
	2100.0	0.997	0.996	0.993	0.988	0.993	0.992	0.986	0.967	0.997	0.996	0.996	0.992	1.000	0.997	0.977	0.900
52	300.0	0.287	0.109	0.081	0.074	0.455	0.127	0.034	0.012	0.671	0.486	0.442	0.430	0.466	0.098	0.014	0.002
	900.0	0.371	0.113	0.080	0.071	0.553	0.156	0.037	0.013	0.736	0.508	0.444	0.429	0.589	0.133	0.016	0.002
	2100.0	0.452	0.124	0.079	0.073	0.623	0.193	0.042	0.013	0.785	0.534	0.448	0.428	0.605	0.145	0.017	0.003
53	300.0	0.991	0.986	0.965	0.952	0.938	0.940	0.811	0.620	1.002	0.999	1.003	1.021	0.996	0.989	0.945	0.844
	900.0	1.095	1.032	0.969	0.952	1.643	1.430	0.948	0.656	1.007	1.003	1.007	1.024	0.996	0.989	0.943	0.841
	2100.0	1.409	1.121	0.977	0.954	3.895	2.676	1.273	0.745	1.036	1.023	1.016	1.031	0.997	0.991	0.938	0.833
54	300.0	1.001	1.001	1.001	1.000	1.001	1.002	0.999	0.993	1.001	1.001	1.001	1.000	1.000	0.994	0.962	0.850
	900.0	1.001	1.001	1.001	1.000	0.995	0.994	0.991	0.987	1.001	1.001	1.001	1.000	0.999	0.991	0.960	0.848
	2100.0	1.001	1.000	1.000	0.999	0.983	0.982	0.980	0.977	1.001	1.001	1.001	1.000	0.998	0.990	0.961	0.847
55	300.0	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.003	1.003	1.003	1.001	1.001	1.001	1.001	0.997	1.000	0.996	0.973
	900.0	1.001	1.001	1.001	1.001	1.012	1.016	1.016	1.017	1.001	1.001	1.001	1.001	0.996	1.000	0.996	0.972
	2100.0	1.001	1.001	1.002	1.001	1.032	1.036	1.036	1.038	1.001	1.001	1.001	1.001	0.995	1.000	0.996	0.972
56	300.0	1.002	1.001	1.001	1.000	1.005	1.003	0.990	0.969	1.001	1.001	1.001	1.001	1.000	0.999	0.991	0.909
	900.0	1.002	1.001	1.001	1.001	1.005	1.003	0.994	0.975	1.001	1.001	1.001	1.001	1.000	0.999	0.991	0.908
	2100.0	1.002	1.002	1.001	1.001	1.005	1.004	0.996	0.978	1.001	1.001	1.001	1.001	1.000	0.999	0.991	0.907
57	300.0	1.001	1.001	1.000	1.000	0.999	0.999	0.999	0.997	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.999	0.987	0.934
	900.0	1.001	1.001	1.000	1.000	0.999	0.999	0.999	0.997	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.999	0.987	0.934
	2100.0	1.001	1.001	1.001	1.000	0.999	0.999	0.999	0.997	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.999	0.987	0.934
58	300.0	0.996	0.996	0.996	0.996	0.994	0.994	0.993	0.990	0.996	0.996	0.996	0.996	1.000	0.998	0.982	0.918
	900.0	0.996	0.996	0.996	0.996	0.994	0.994	0.993	0.990	0.996	0.996	0.996	0.996	1.000	0.998	0.982	0.918
	2100.0	0.996	0.996	0.996	0.996	0.994	0.994	0.993	0.990	0.996	0.996	0.996	0.996	1.000	0.998	0.982	0.918
59	300.0	1.001	1.001	1.001	1.001	0.998	0.998	0.998	0.998	1.001	1.001	1.001	1.001	1.000	0.998	0.982	0.901
	900.0	1.001	1.001	1.001	1.001	0.998	0.998	0.998	0.998	1.001	1.001	1.001	1.001	1.000	0.998	0.982	0.901
	2100.0	1.001	1.001	1.001	1.001	0.998	0.998	0.998	0.998	1.001	1.001	1.001	1.001	1.000	0.998	0.982	0.901
60	300.0	1.001	1.001	1.001	1.000	0.998	0.998	0.997	0.992	1.001	1.001	1.001	1.001	1.000	0.996	0.970	0.880
	900.0	1.001	1.001	1.001	1.000	0.998	0.998	0.997	0.992	1.001	1.001	1.001	1.001	1.000	0.997	0.970	0.880
	2100.0	1.001	1.001	1.001	1.000	0.998	0.998	0.997	0.992	1							

62	300.0	1.002	1.002	1.002	1.001	1.000	1.000	0.999	0.990	1.001	1.001	1.001	1.001	0.999	0.996	0.961	0.797	
	900.0	1.002	1.002	1.002	1.001	1.000	1.000	0.999	0.990	1.001	1.001	1.001	1.001	0.999	0.996	0.961	0.797	
	2100.0	1.002	1.002	1.002	1.001	1.000	1.000	0.998	0.990	1.001	1.001	1.001	1.001	1.000	0.998	0.961	0.797	
63	300.0	1.002	1.002	1.002	1.002	1.001	1.001	0.999	0.994	1.002	1.002	1.002	1.002	0.999	0.993	0.946	0.834	
	900.0	1.002	1.002	1.002	1.002	1.001	1.001	0.999	0.994	1.002	1.002	1.002	1.002	0.999	0.993	0.946	0.834	
	2100.0	1.002	1.002	1.002	1.002	1.001	1.001	0.999	0.994	1.003	1.003	1.002	1.002	0.999	0.993	0.946	0.834	
64	300.0	1.003	1.003	1.003	1.002	1.004	1.004	1.002	0.999	1.003	1.003	1.003	1.003	0.999	0.991	0.930	0.858	
	900.0	1.003	1.003	1.003	1.002	1.004	1.004	1.002	0.999	1.003	1.003	1.003	1.003	0.999	0.991	0.930	0.858	
	2100.0	1.003	1.003	1.003	1.002	1.004	1.004	1.001	0.998	1.003	1.003	1.003	1.003	1.000	0.991	0.931	0.859	
65	300.0	0.999	0.999	0.999	0.999	0.987	1.001	1.001	0.999	0.986	0.998	0.998	0.998	0.999	0.992	0.931	0.680	
	900.0	0.999	0.999	0.999	0.999	0.987	1.001	1.001	0.999	0.988	0.999	0.999	0.998	0.999	0.992	0.931	0.681	
	2100.0	0.999	0.999	0.999	0.998	1.001	1.001	0.999	0.988	0.999	0.999	0.999	0.998	0.999	0.992	0.931	0.681	
66	300.0	1.010	1.010	1.010	1.009	1.015	1.015	1.012	1.008	1.010	1.010	1.010	1.009	0.999	0.987	0.913	0.825	
	900.0	1.010	1.010	1.010	1.009	1.015	1.015	1.012	1.008	1.010	1.010	1.010	1.010	0.999	0.988	0.913	0.825	
	2100.0	1.010	1.010	1.010	1.010	1.015	1.015	1.012	1.008	1.010	1.010	1.010	1.010	0.999	0.988	0.914	0.825	
67	300.0	0.998	0.998	0.998	0.998	1.005	1.005	1.003	1.002	0.998	0.998	0.998	0.998	0.999	0.983	0.899	0.873	
	900.0	0.998	0.998	0.998	0.998	1.005	1.005	1.003	1.002	0.998	0.998	0.998	0.998	0.999	0.983	0.899	0.873	
	2100.0	0.998	0.998	0.998	0.998	1.005	1.005	1.002	1.002	0.998	0.998	0.998	0.998	1.000	0.983	0.900	0.873	
68	300.0	1.018	1.018	1.017	1.015	1.028	1.028	1.026	1.015	1.016	1.016	1.016	1.015	0.998	0.986	0.896	0.611	
	900.0	1.018	1.018	1.018	1.016	1.028	1.028	1.026	1.015	1.016	1.016	1.016	1.015	0.999	0.987	0.896	0.612	
	2100.0	1.018	1.018	1.018	1.016	1.028	1.028	1.026	1.014	1.017	1.017	1.016	1.016	0.999	0.987	0.897	0.612	
69	300.0	1.012	1.012	1.012	1.012	1.028	1.028	1.025	1.024	1.010	1.010	1.010	1.010	0.998	0.979	0.890	0.855	
	900.0	1.012	1.012	1.012	1.012	1.028	1.027	1.025	1.023	1.010	1.010	1.010	1.010	0.998	0.979	0.890	0.856	
	2100.0	1.013	1.013	1.012	1.012	1.028	1.027	1.025	1.023	1.011	1.011	1.011	1.011	0.999	0.980	0.891	0.857	
70	300.0	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	1.021	1.021	1.018	1.018	0.995	0.995	0.995	0.995	0.998	0.973	0.890	0.896
	900.0	0.999	0.999	0.998	0.998	1.021	1.021	1.018	1.018	0.995	0.995	0.995	0.995	0.999	0.973	0.891	0.897	
	2100.0	1.000	0.999	0.999	0.999	1.021	1.020	1.018	1.018	0.996	0.996	0.996	0.996	0.999	0.974	0.891	0.897	

II-1 TH 232

NOCDE = 902

GROUP	TOTAL	FISSION	NU	CAPTURE	INELASTIC	ELASTIC	IMU-E	Elastic=removal
1	6.1311E 00	3.1652E-01	3.0729E 00	1.1019E-02	2.5430E 00	3.2586E 00	8.0794E-01	4.2351E-02
2	7.4173E 00	1.4635E-01	2.6350E 00	1.9332E-02	2.8112E 00	4.4403E 00	7.7268E-01	5.1696E-02
3	7.8311E 00	1.2814E-01	2.3526E 00	3.5348E-02	3.0169E 00	4.6577E 00	7.0631E-01	4.9563E-02
4	7.2257E 00	9.8262E-02	2.1588E 00	7.2344E-02	3.0170E 00	4.0981E 00	5.6892E-01	3.2008E-02
5	6.6353E 00	3.1354E-02	2.0490E 00	1.3877E-01	2.2595E 00	4.2092E 00	4.3021E-01	3.3465E-02
6	7.2056E 00	0.0	0.0	1.7824E-01	1.7691E 00	5.3183E 00	3.2588E-01	6.1446E-02
7	8.8718E 00	0.0	0.0	1.8030E-01	1.1636E 00	7.5279E 00	1.7293E-01	1.0241E-01
8	1.0840E 01	0.0	0.0	2.2094E-01	7.4870E-01	9.8708E 00	8.5409E-02	1.3034E-01
9	1.2330E 01	0.0	0.0	3.4984E-01	3.4444E-01	1.1635E 01	3.9889E-02	1.3169E-01
10	1.2739E 01	0.0	0.0	5.6316E-01	0.0	1.2156E 01	1.6823E-02	1.3339E-01
11	1.3502E 01	0.0	0.0	7.6497E-01	0.0	1.2737E 01	5.9282E-03	1.2335E-01
12	1.4566E 01	0.0	0.0	1.0642E 00	0.0	1.3519E 01	2.8697E-03	1.4805E-01
13	1.5724E 01	0.0	0.0	1.1393E 00	0.0	1.4585E 01	2.8696E-03	1.7103E-01
14	1.6802E 01	0.0	0.0	1.7903E 00	0.0	1.5012E 01	2.8696E-03	3.0068E-01
15	2.1772E 01	0.0	0.0	3.1947E 00	0.0	1.8577E 01	2.8695E-03	1.4761E-01
16	3.0103E 01	0.0	0.0	8.5906E 00	0.0	2.1512E 01	2.8696E-03	9.4210E-02
17	3.8616E 01	0.0	0.0	1.4585E 01	0.0	2.4031E 01	2.8696E-03	1.1147E-01
18	6.2794E 01	0.0	0.0	2.3145E 01	0.0	3.9649E 01	2.8696E-03	1.0085E-01
19	6.8558E 01	0.0	0.0	5.1772E 01	0.0	1.6787E 01	2.8696E-03	5.3966E-01
20	9.9726E 00	0.0	0.0	5.7731E-01	0.0	9.3953E 00	2.8697E-03	1.1414E-01
21	1.0671E 01	0.0	0.0	1.3456E-01	0.0	1.0337E 01	2.8696E-03	1.2081E-01
22	1.1242E 01	0.0	0.0	2.7660E-01	0.0	1.0966E 01	2.8696E-03	1.2438E-01
23	1.1891E 01	0.0	0.0	5.9717E-01	0.0	1.1294E 01	2.8696E-03	1.2860E-01
24	1.2612E 01	0.0	0.0	1.0909E 00	0.0	1.1521E 01	2.8696E-03	8.4140E-02
25	1.3344E 01	0.0	0.0	1.7529E 00	0.0	1.1591E 01	2.8696E-03	0.0

TH 232

NOCDE = -902

GROUP	INELASTIC + (N,N) TRANSFER TO I+0 ---- I+11							
1	0.0	8.0627E-03	8.0318E-02	3.6679E-01	5.9750E-01	8.5019E-01	7.5441E-01	4.4469E-01
2	1.9222E-01	5.5095E-02	1.3486E-02	2.8741E-03	7.8103E-01	3.5167E-01	1.1859E-01	3.6118E-02
3	7.4553E-03	1.1783E-01	5.5989E-01	8.2836E-01	7.5794E-07			
4	3.4786E-03	1.8802E-03	1.1296E-06	2.5794E-07				
5	3.8359E-01	5.3626E-01	7.3472E-01	7.7118E-01	3.9253E-01	1.4114E-01	4.4407E-02	1.0594E-02
6	2.3671E-03	1.4258E-04	0.0	0.0				
7	8.5317E-01	1.1171E-00	7.1321E-01	2.2846E-01	7.3822E-02	2.4180E-02	5.8942E-03	1.1564E-03
8	0.0	0.0	0.0	0.0				
9	1.0979E 00	6.4935E-01	2.7448E-01	1.1249E-01	3.7091E-02	3.9974E-02	2.8254E-02	1.6069E-02
10	1.3151E-03	0.0	0.0	0.0				
11	1.1966E 00	4.8134E-01	1.1597E-02	5.6521E-03	1.8237E-03	3.5718E-03	4.8539E-03	3.3993E-03
12	0.0	0.0	0.0	0.0				
13	7.2443E-01	5.0143E-01	2.0027E-02	4.6648E-03	1.4487E-03	4.1577E-03	5.3229E-03	2.1292E-03
14	2.6717E-01	4.3425E-01	1.6508E-03	1.2790E-02	1.8370E-02	1.4469E-02	0.0	0.0
15	0.0	0.0	0.0	0.0				
16	9.2553E-02	1.3361E-01	5.9571E-02	4.7120E-02	3.5377E-02	1.5607E-02	1.8017E-02	0.0
17	0.0	0.0	0.0	0.0				
18	0.0	0.0	0.0	0.0				
19	0.0	0.0	0.0	0.0				
20	0.0	0.0	0.0	0.0				
21	0.0	0.0	0.0	0.0				
22	0.0	0.0	0.0	0.0				
23	0.0	0.0	0.0	0.0				
24	0.0	0.0	0.0	0.0				
25	0.0	0.0	0.0	0.0				

II-2 SHIELDING FACTOR FOR TH-232

	TOTAL						CAPTURE			ELASTIC			REMOVAL					
	1000.	100.	10.	1.	1000.	100.	10.	1.	1000.	100.	10.	1.	1000.	100.	10.	1.		
10	300.0	0.998	0.985	0.944	0.919	0.999	0.990	0.948	0.888	0.999	0.992	0.970	0.958	0.994	0.952	0.709	0.237	
	900.0	0.999	0.991	0.963	0.947	0.999	0.993	0.963	0.910	1.000	0.995	0.981	0.973	0.996	0.957	0.714	0.234	
	2100.0	0.999	0.994	0.974	0.962	0.999	0.995	0.970	0.919	1.000	0.997	0.987	0.982	0.999	0.961	0.718	0.234	
11	300.0	0.994	0.958	0.879	0.846	0.997	0.974	0.897	0.833	0.997	0.977	0.925	0.900	0.995	0.961	0.696	0.178	
	900.0	0.996	0.972	0.911	0.883	0.998	0.984	0.930	0.874	0.998	0.985	0.946	0.924	0.996	0.964	0.699	0.170	
	2100.0	0.998	0.981	0.932	0.906	0.999	0.989	0.947	0.894	0.999	0.990	0.959	0.939	0.997	0.966	0.700	0.167	
12	300.0	0.987	0.917	0.799	0.744	0.992	0.936	0.790	0.699	0.993	0.955	0.875	0.840	0.989	0.913	0.562	0.113	
	900.0	0.992	0.944	0.846	0.802	0.993	0.952	0.855	0.771	0.996	0.970	0.908	0.880	0.979	0.910	0.551	0.096	
	2100.0	0.995	0.961	0.878	0.838	0.997	0.975	0.893	0.812	0.997	0.979	0.931	0.906	0.972	0.906	0.546	0.087	
13	300.0	0.959	0.817	0.682	0.587	0.966	0.806	0.536	0.489	0.980	0.891	0.779	0.734	0.976	0.847	0.553	0.203	
	900.0	0.975	0.861	0.724	0.677	0.980	0.872	0.660	0.600	0.987	0.922	0.816	0.780	0.990	0.881	0.544	0.157	
	2100.0	0.983	0.895	0.764	0.724	0.989	0.914	0.744	0.694	0.992	0.943	0.849	0.817	1.013	0.915	0.540	0.123	
14	300.0	0.925	0.747	0.623	0.562	0.935	0.685	0.380	0.280	0.962	0.846	0.737	0.700	0.869	0.543	0.300	0.102	
	900.0	0.950	0.794	0.656	0.612	0.961	0.777	0.484	0.370	0.976	0.881	0.771	0.735	0.912	0.606	0.293	0.069	
	2100.0	0.965	0.833	0.690	0.650	0.974	0.839	0.577	0.458	0.983	0.908	0.802	0.767	0.939	0.665	0.288	0.046	
15	300.0	0.794	0.563	0.459	0.398	0.848	0.498	0.230	0.168	0.884	0.693	0.584	0.545	0.983	0.902	0.625	0.209	
	900.0	0.846	0.604	0.480	0.435	0.899	0.600	0.303	0.222	0.918	0.734	0.609	0.572	0.988	0.892	0.566	0.149	
	2100.0	0.886	0.648	0.505	0.470	0.932	0.684	0.381	0.289	0.942	0.776	0.638	0.601	1.013	0.899	0.508	0.094	
16	300.0	0.683	0.404	0.336	0.313	0.729	0.295	0.110	0.072	0.843	0.606	0.503	0.478	0.971	0.879	0.586	0.114	
	900.0	0.767	0.442	0.347	0.328	0.816	0.389	0.142	0.089	0.892	0.656	0.526	0.494	0.967	0.846	0.515	0.073	
	2100.0	0.829	0.490	0.361	0.340	0.872	0.482	0.182	0.110	0.925	0.706	0.550	0.510	0.963	0.818	0.426	0.033	
17	300.0	0.526	0.312	0.266	0.256	0.615	0.230	0.091	0.063	0.728	0.514	0.446	0.441	0.943	0.813	0.491	0.050	
	900.0	0.610	0.334	0.270	0.260	0.715	0.302	0.112	0.073	0.792	0.549	0.458	0.449	0.933	0.760	0.424	0.035	
	2100.0	0.686	0.366	0.278	0.268	0.791	0.379	0.140	0.086	0.845	0.592	0.474	0.458	0.926	0.706	0.347	0.017	
18	300.0	0.299	0.193	0.170	0.177	0.396	0.135	0.051	0.023	0.489	0.327	0.290	0.302	0.968	0.896	0.684	0.266	
	900.0	0.342	0.197	0.171	0.177	0.487	0.164	0.055	0.025	0.557	0.344	0.294	0.302	0.962	0.866	0.653	0.241	
	2100.0	0.399	0.203	0.172	0.178	0.580	0.204	0.061	0.025	0.634	0.371	0.300	0.303	0.956	0.835	0.607	0.210	
19	300.0	0.339	0.186	0.160	0.152	0.429	0.109	0.024	0.007	0.790	0.677	0.642	0.623	0.439	0.884	0.009	0.001	
	900.0	0.402	0.187	0.160	0.152	0.515	0.130	0.026	0.007	0.844	0.685	0.642	0.623	0.548	0.110	0.011	0.001	
	2100.0	0.462	0.193	0.159	0.152	0.574	0.153	0.028	0.007	0.849	0.694	0.642	0.622	0.557	0.114	0.011	0.001	
20	300.0	0.998	0.996	0.988	0.976	0.945	0.950	0.852	0.789	1.001	1.000	1.000	0.992	0.999	0.996	0.957	0.728	
	900.0	1.032	1.011	0.989	0.976	1.569	1.385	0.976	0.824	1.003	1.001	1.001	0.993	0.996	0.992	0.924	0.728	
	2100.0	1.198	1.040	0.992	0.977	3.596	2.477	1.262	0.911	1.011	1.007	1.004	0.997	0.989	0.991	0.956	0.729	
21	300.0	0.999	0.999	0.998	0.997	1.000	0.999	0.993	0.982	0.999	0.999	0.999	0.997	0.998	0.993	0.953	0.783	
	900.0	0.999	0.999	0.998	0.997	1.000	0.999	0.995	0.985	0.999	0.999	0.999	0.997	0.998	0.993	0.953	0.783	
	2100.0	0.999	0.999	0.999	0.997	1.000	0.999	0.996	0.986	0.999	0.999	0.999	0.997	0.998	0.993	0.953	0.783	
22	300.0	1.001	1.001	1.000	0.997	0.999	0.998	0.987	0.946	1.001	1.001	1.001	0.999	0.999	0.987	0.901	0.655	
	900.0	1.001	1.001	1.000	0.997	0.999	0.998	0.987	0.946	1.001	1.001	1.001	0.999	0.999	0.987	0.901	0.655	
	2100.0	1.001	1.001	1.000	0.997	0.999	0.998	0.987	0.946	1.001	1.001	1.001	0.999	0.999	0.988	0.901	0.656	
23	300.0	1.002	1.002	1.000	0.996	1.002	1.000	0.984	0.936	1.002	1.002	1.001	1.000	0.997	0.997	0.976	0.824	0.559
	900.0	1.002	1.002	1.000	0.996	1.002	1.000	0.984	0.936	1.002	1.002	1.001	1.000	0.997	0.997	0.976	0.824	0.555
	2100.0	1.002	1.002	1.001	0.996	1.002	1.000	0.984	0.936	1.002	1.002	1.001	1.000	0.998	0.998	0.976	0.825	0.555
24	300.0	1.002	1.002	1.000	0.994	1.007	1.004	0.983	0.938	1.002	1.002	1.001	1.000	0.989	0.950	0.731	0.499	
	900.0	1.002	1.002	1.000	0.994	1.007	1.004	0.983	0.938	1.002	1.002	1.001	1.000	0.990	0.950	0.731	0.499	
	2100.0	1.002	1.002	1.000	0.995	1.007	1.004	0.983	0.938	1.002	1.002	1.001	1.000	0.990	0.950	0.732	0.499	
25	300.0	1.009	1.009	1.006	1.000	1.026	1.022	0.999	0.965	1.007	1.007	1.006	1.005	1.000	1.000	1.000	1.000	
	900.0	1.010	1.009	1.006	1.000	1.026	1.022	0.999	0.965	1.007	1.007	1.006	1.005	1.000	1.000	1.000	1.000	
	2100.0	1.010	1.009	1.006	1.000	1.026	1.022	0.999	0.964	1.008	1.008	1.007	1.006	1.000	1.000	1.000	1.000	