

INDC(CCP)-21/L

III. Absolute Measurements of α for Uranium-235
and Plutonium-239 in the 10 keV-1MeV
Neutron Energy Range.

V.N. Konov, et al

菊池康之(原研)

^{235}U と ^{239}Pu の α 値を, Cd-filled scintillation tank を使用して測定している。

○測定原理

Cd-filled scintillation tank は, 核分裂に伴なり即発 γ 線や補獲に伴なり γ 線と同時に, 減速された核分裂中性子が Cd に吸収される際の γ 線をも効率よく測定できる。従つて, γ 線観測後一定時間(期待時間)内の中性子観測の有無により, 核分裂事象と補獲事象とを識別できる。

今, 中性子による delayed coincidence の無い事象数を N_1 , 有る事象数を N_2 とすると,

$$N_1 = \epsilon_c n_c - \epsilon_c n_c P + \epsilon_f n_f C (1 - P)$$

$$N_2 = \epsilon_f n_f - \epsilon_f n_f C (1 - P) + \epsilon_c n_c P$$

ここで, ϵ_c : 補獲 γ 線に対する測定器の効率

ϵ_f : 核分裂 γ 線に対する測定器の効率

n_c : 補獲事象数

n_f : 核分裂事象数

C : 核分裂が起つたが, 期待時間内に中性子によるパルスを生じない確率

P : 期待時間内に, バックグラウンドによるパルスを観測する確率

これより, α は以下の式で求められる。

$$\alpha = \frac{n_c}{n_f} = \frac{\epsilon_f}{\epsilon_c} \cdot \frac{\frac{N_1}{N_2} [1 - C(1 - P)] - C(1 - P)}{(1 - P) - \frac{N_1}{N_2} \cdot P}$$

ϵ_f/ϵ_c は核分裂と補獲に伴なり放出光子の数と, 回路の設定バイアスに依存し, 以下の関係がある。

$$\frac{\epsilon_f}{\epsilon_{c-c}} = \frac{\epsilon_{f0}}{\epsilon_{c0}} \cdot \frac{f_f}{f_c}$$

ϵ_{f0} , ϵ_{c0} はゼロバイアスの際の効率で, scintillation tank では1に近く, C_f やその他による較正で良く分つている。 f_f , f_c はバイアス以上のパルスを生じる確率で, Amplitude Spectra を測定する事により求められる。今回の場合, $\epsilon_{c0} = 0.92$, $\epsilon_{f0} = 0.98$, $f_f/f_c = 1.01 \pm 0.05$ が得られ, $\epsilon_f/\epsilon_c = 1.08 \pm 0.07$ である。

Cは, サンプルの替りに fission chamber を置いて, 核分裂後, 期待時間内に中性子パルスを観測しない確率を測定して求められる。今回は,

$$C_{Pu} = 0.2955 \pm 0.0073$$

$$C_U = 0.2962 \pm 0.0053。$$

Pは, 回路にランダムなパルスを与えてゲートを開き, 期待時間内にバックグラウンドを観測する事より得られる。今回は0.03 ~ 0.055と, かなり高いノイズレベルである。

この方法の長所としては, 1) 絶対測定である, 2) 核分裂と補獲共に測定効率が高い, 3) large scintillation tank の効率は γ 線スペクトラムの変化に依らない点が挙げられる。反面バックグラウンドの高いのが短所である。

○中性子源

VdG をパルス運転する。パルス幅は20 ns, 繰返しは300kHz である。

10-70 keV : Li の thick target を使用してTOFで行なう。

110keV-1MeV: 単エネルギー中性子が得られる

○サンプル

^{239}Pu : 金属Pu, 0.2%の ^{240}Pu

^{235}U : U_3O_8 , 90.3%の濃縮度

○結果と議論

実験結果は, 表とグラフに与えられている通り。VdG 加速器による他の実験値との一致は良好である。低いエネルギー領域で, 大きな変動が観測されているがこのエネルギー領域でのS/N比は低いので, σ_f の intermediate structure によるのか, 実験の系統誤差かは断定できない。

なおこれは紹介者の見解であるが, ここで得られた結果は, 現在広く用いられているORNLのデータより低いように思われる。しかしこれについての議論は無い。また, 紙面の都合で省いたが, 回路についても詳しい記述がある。

Table II

α for ^{235}U
(present work)

E_n , keV	α	$\sigma\alpha$ Relative behaviour	$\sigma\alpha$ Total error
12,4 ± 0,7	0,549	0,043	0,057
13,4 ± 0,8	0,476	0,061	0,069
14,3 ± 0,8	0,457	0,040	0,051
15,4 ± 0,9	0,531	0,032	0,048
15,9 ± 1,0	0,452	0,030	0,043
16,4 ± 1,0	0,424	0,031	0,042
16,9 ± 1,1	0,365	0,032	0,041
17,4 ± 1,1	0,350	0,026	0,036
17,9 ± 1,2	0,394	0,033	0,043
18,5 ± 1,2	0,398	0,024	0,036
19,1 ± 1,3	0,370	0,020	0,033
19,8 ± 1,4	0,338	0,029	0,038
20,4 ± 1,4	0,317	0,024	0,033
21,1 ± 1,5	0,307	0,020	0,030
21,9 ± 1,6	0,337	0,034	0,042
22,7 ± 1,7	0,339	0,021	0,031
23,5 ± 1,8	0,344	0,021	0,032
24,3 ± 1,9	0,336	0,018	0,030
25,3 ± 2,0	0,283	0,017	0,026
26,2 ± 2,0	0,268	0,019	0,027
27,3 ± 2,2	0,292	0,014	0,025
28,4 ± 2,4	0,312	0,016	0,027
29,5 ± 2,5	0,333	0,017	0,029
30,7 ± 2,7	0,346	0,019	0,031
32,1 ± 2,8	0,350	0,019	0,031
33,4 ± 3,0	0,342	0,018	0,030
34,9 ± 3,2	0,350	0,017	0,030
36,5 ± 3,4	0,340	0,020	0,031
38,2 ± 3,7	0,346	0,019	0,031
40 ± 3,9	0,332	0,019	0,030
42 ± 4,2	0,335	0,019	0,030
44,1 ± 4,6	0,308	0,011	0,025
46,3 ± 4,9	0,307	0,016	0,027
48,8 ± 5,3	0,300	0,017	0,027
51,4 ± 5,7	0,285	0,016	0,026
54,3 ± 6,2	0,288	0,018	0,027
57,4 ± 6,8	0,277	0,015	0,025

Table II (continued)

E_n , keV	α	$\frac{\sigma\alpha}{\alpha}$ Relative behaviour	$\frac{\sigma\alpha}{\alpha}$ Total error
60,8 \pm 7,4	0,292	0,013	0,025
90 \pm 15	0,307	0,025	0,030
135 \pm 25	0,247	0,015	0,024
185 \pm 15	0,218	0,010	0,019
300 \pm 10	0,181	0,011	0,018
400 \pm 10	0,183	0,010	0,018
500 \pm 10	0,150	0,006	0,014
750 \pm 30	0,127	0,011	0,012
900 \pm 30	0,101	0,010	0,014
1100 \pm 30	0,077	0,009	0,013

Table III

α for ^{239}Pu
(present work)

E_n , keV	α	$\frac{\sigma\alpha}{\alpha}$ Relative behaviour	$\frac{\sigma\alpha}{\alpha}$ Total error
9,4 \pm 0,5	0,502	0,079	0,035
10,4 \pm 0,5	0,508	0,058	0,067
11,3 \pm 0,6	0,572	0,041	0,055
12,2 \pm 0,7	0,517	0,068	0,076
13,1 \pm 0,7	0,538	0,077	0,034
14,2 \pm 0,8	0,478	0,037	0,048
15,7 \pm 0,9	0,418	0,054	0,051
15,9 \pm 1,0	0,366	0,038	0,045
16,4 \pm 1,0	0,342	0,042	0,049
16,8 \pm 1,1	0,331	0,032	0,040
17,3 \pm 1,1	0,325	0,028	0,037
17,9 \pm 1,2	0,329	0,030	0,033
18,4 \pm 1,2	0,316	0,026	0,035
19,0 \pm 1,3	0,328	0,031	0,039
19,6 \pm 1,4	0,340	0,025	0,034
20,3 \pm 1,4	0,352	0,032	0,040
20,9 \pm 1,5	0,346	0,021	0,032
21,6 \pm 1,6	0,369	0,018	0,030
22,4 \pm 1,7	0,348	0,015	0,029
23,2 \pm 1,7 0,	0,346	0,022	0,033

Table III (continued)

E_n , keV	α	$\frac{\sigma\alpha}{\alpha}$ Relative behaviour	$\frac{\sigma\alpha}{\alpha}$ Total error
24,0 \pm 1,8	0,320	0,018	0,029
24,8 \pm 1,9	0,316	0,015	0,027
25,8 \pm 2,0	0,330	0,022	0,032
26,7 \pm 2,2	0,302	0,017	0,027
27,8 \pm 2,3	0,293	0,015	0,026
28,8 \pm 2,4	0,282	0,021	0,030
30,0 \pm 2,6	0,247	0,011	0,022
31,2 \pm 2,7	0,258	0,011	0,022
32,5 \pm 2,9	0,272	0,012	0,024
33,9 \pm 3,1	0,286	0,016	0,026
35,3 \pm 3,3	0,260	0,015	0,025
36,9 \pm 3,5	0,260	0,009	0,022
38,6 \pm 3,4	0,243	0,011	0,022
40,4 \pm 4,0	0,247	0,014	0,024
42,3 \pm 4,3	0,240	0,010	0,021
44,3 \pm 4,6	0,225	0,007	0,020
46,5 \pm 4,9	0,213	0,006	0,019
48,9 \pm 5,3	0,207	0,009	0,020
51,4 \pm 5,7	0,193	0,007	0,018
54,2 \pm 6,2	0,176	0,006	0,018
57,2 \pm 6,7	0,174	0,007	0,018
60,4 \pm 7,3	0,170	0,005	0,017
64 \pm 8,0	0,172	0,006	0,017
110 \pm 20	0,149	0,007	0,015
150 \pm 25	0,115	0,010	0,016
185 \pm 15	0,090	0,009	0,015
300 \pm 10	0,103	0,012	0,018
400 \pm 10	0,075	0,009	0,015
500 \pm 10	0,082	0,010	0,015
750 \pm 30	0,071	0,009	0,015
900 \pm 30	0,032	0,006	0,012
1000 \pm 30	0,008	0,013	0,017

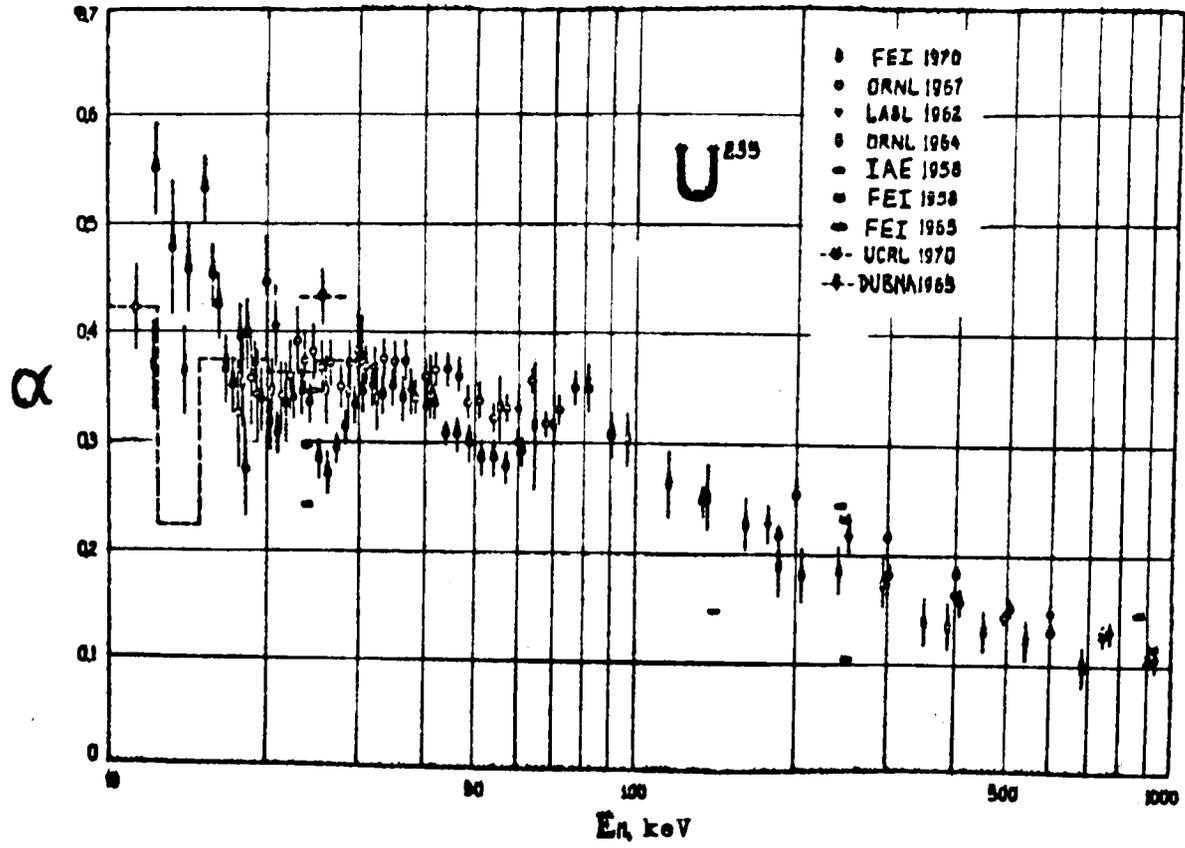


Fig. 12 • - present work

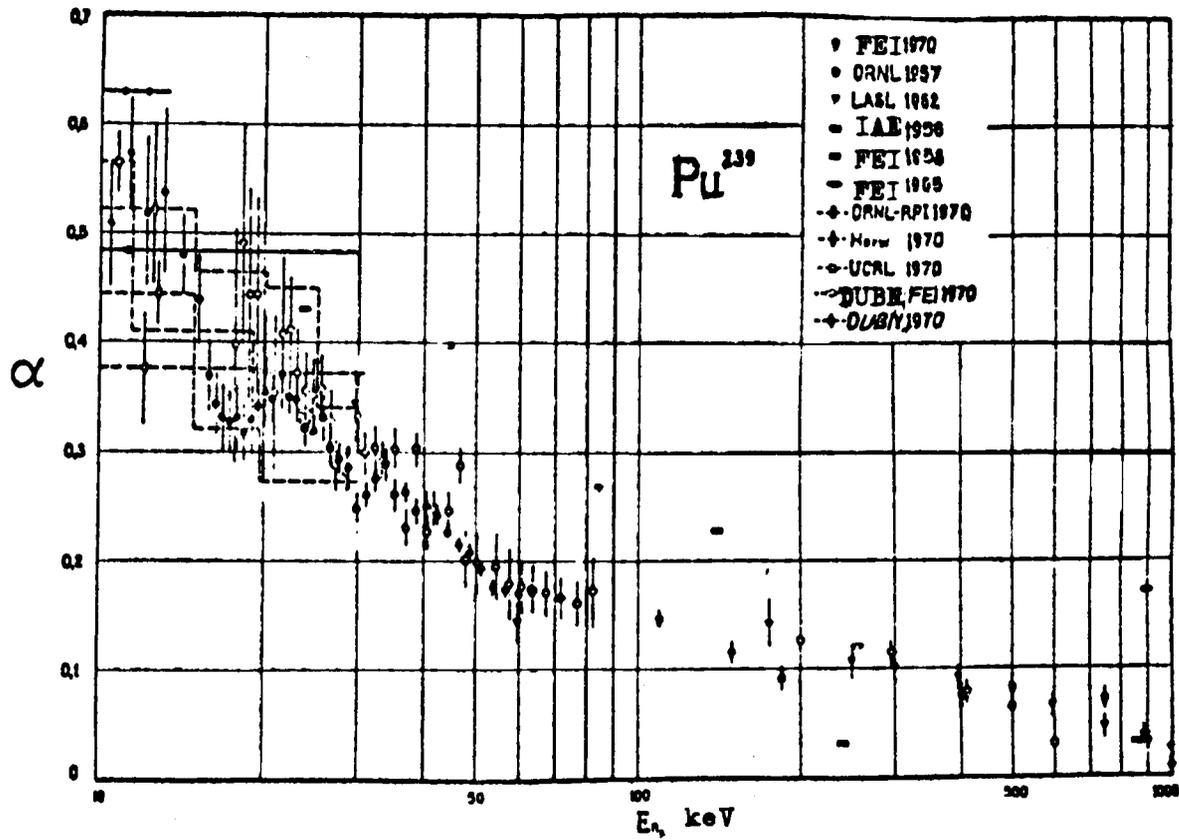


Fig. 13 • - present work