

Niskoleżące stany wibracyjne o ujemnej parzystości w aktywnościach.

I, II, III(?) minima.

M. Kowal, J. Skalski



- Wstęp - motywacja
- Zastosowana metoda
- Przestrzeń deformacji
- Wyniki:
 - Stan podstawowy
 - Bariery rozszczepieniowe w aktywnościach
 - Drgania wokół masowej asymetrii w I i II minimum
 - Problem istnienia III minimów i ew. drgań
- Podsumowanie

Metoda:

$$E(def, Z, N) = E_{mic}(def, Z, N) + E_{mac}(def, Z, N)$$

- Energia mikroskopowa:
- Potencjał Woodsa Saxona z uniwersalnym zestawem parametrów
- Oddziaływanie resztkowe: BCS
- Poprawka powłokowa Strutińskiego
- „Yukawa-plus-exponential” model dla części makroskopowej.

Parametryzacja kształtów:

$$R(\Theta, \Phi) = \left\{ 1 + a_{20} Y_{20} + a_{40} Y_{40} + a_{60} Y_{60} + a_{80} Y_{80} \right.$$

$$+ a_{22} Y_{22}^{(+)} + a_{42} Y_{42}^{(+)} + a_{44} Y_{44}^{(+)} \left. \right.$$

$$+ a_{32} Y_{32}^{(+)} + a_{52} Y_{52}^{(+)} \left. \right.$$

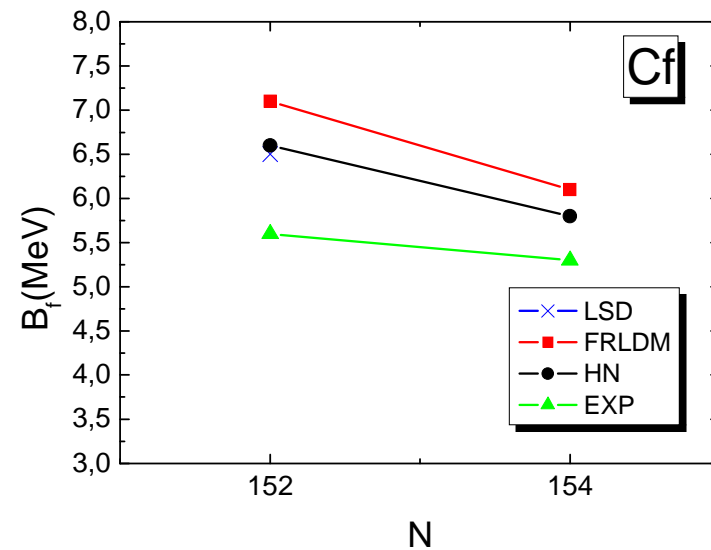
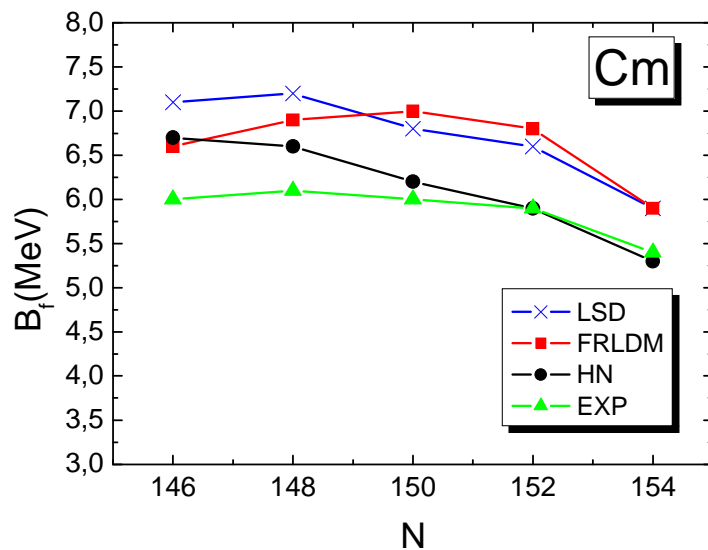
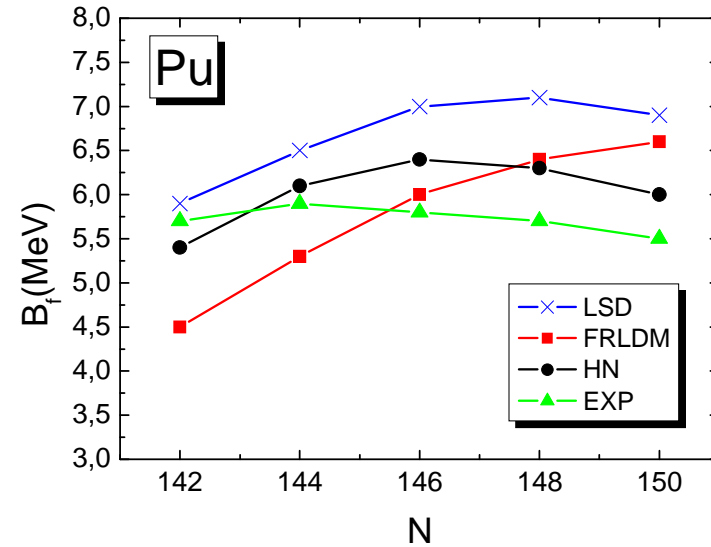
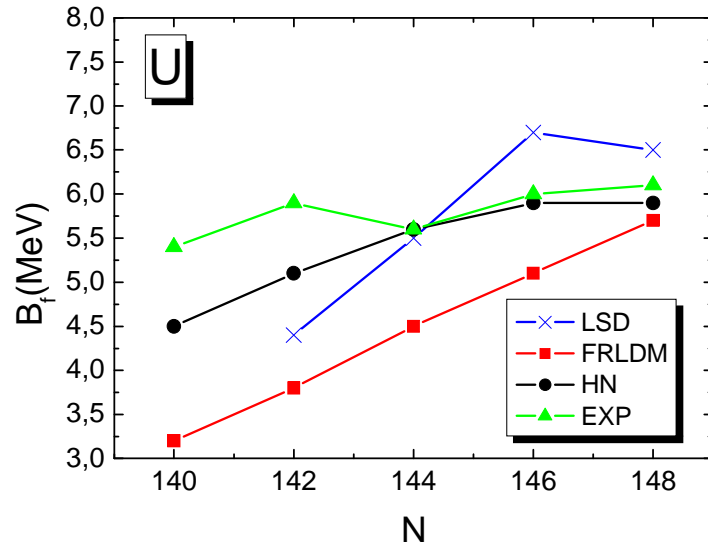
$$+ a_{30} Y_{30} + a_{50} Y_{50} + a_{70} Y_{70} \left. \right\}$$

$$Y_{\lambda\mu}^{(+)} = \frac{1}{\sqrt{2}} (Y_{\lambda\mu} + Y_{\lambda-\mu})$$

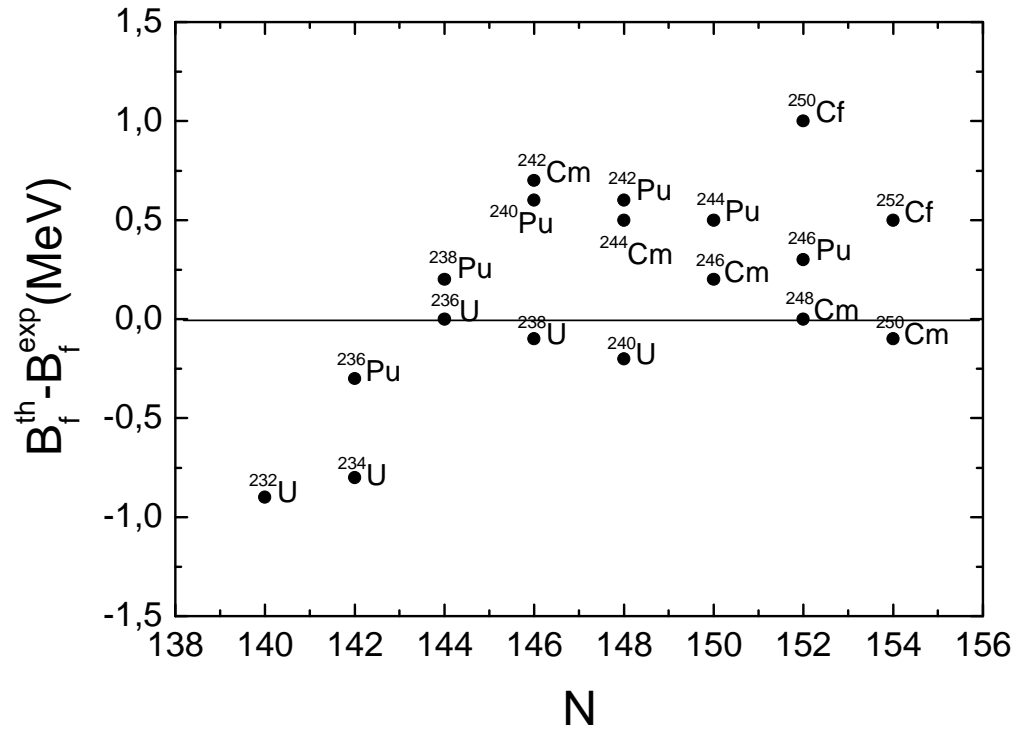
Metoda minimalizacji w przestrzeni wielowymiarowej

- ZALETA: możliwość rachunku w b. bogatej klasie kształtów (10-12 DIM) – NIEMOŻLIWE DO OSIAGNIĘCIA W RACHUNKU NA SIATACH!!!
- WADA: (ryzyko znajdowania minimów lokalnych)
– Niezbędna kontrola błędów:
 - Wartości gradientów (0!)
 - Ciągłości parametrów deformacji
 - Różne od zera wartości startowe
 - Test Monte-Carlo

Barierzy na rozszczepienie w aktynowcach:

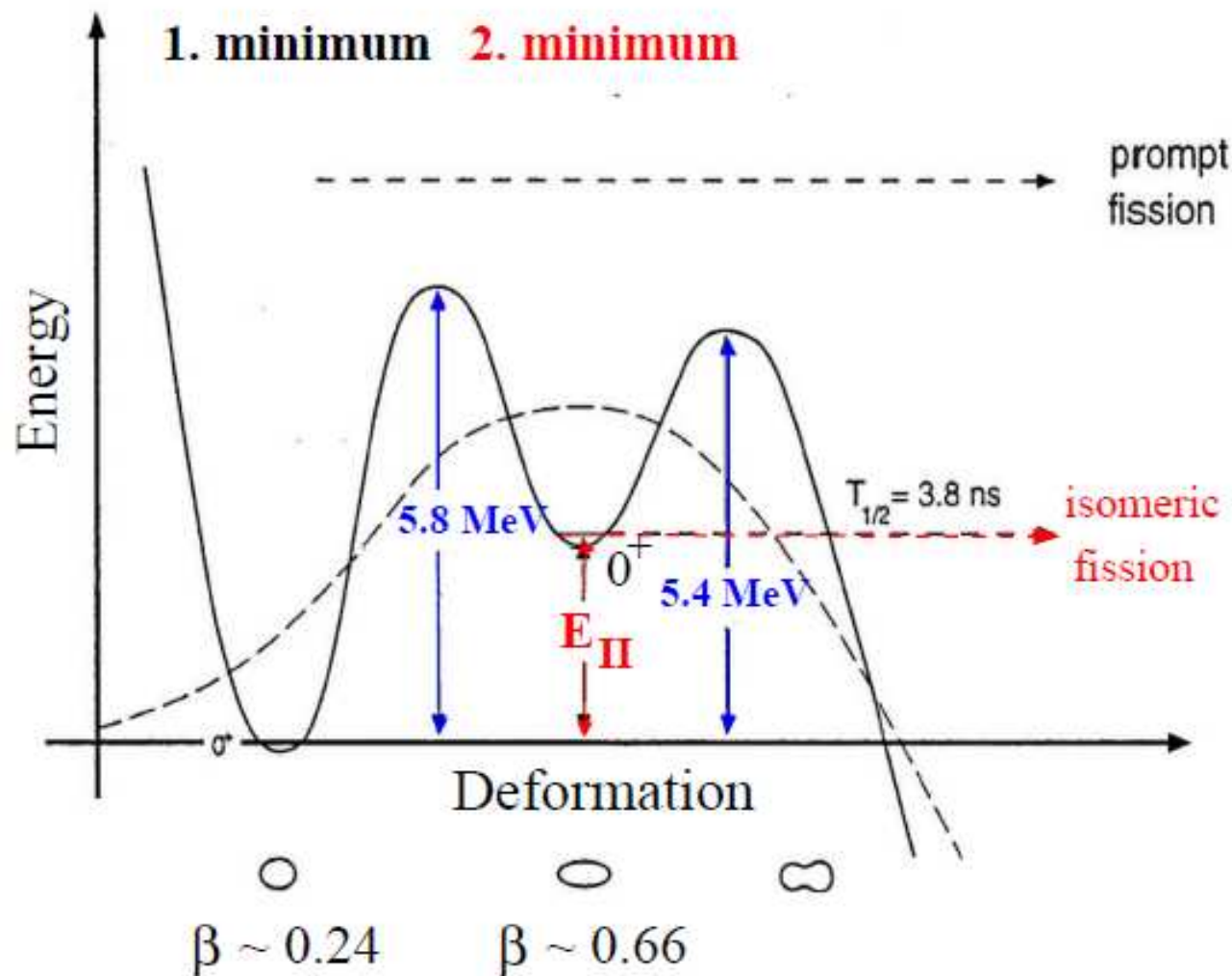


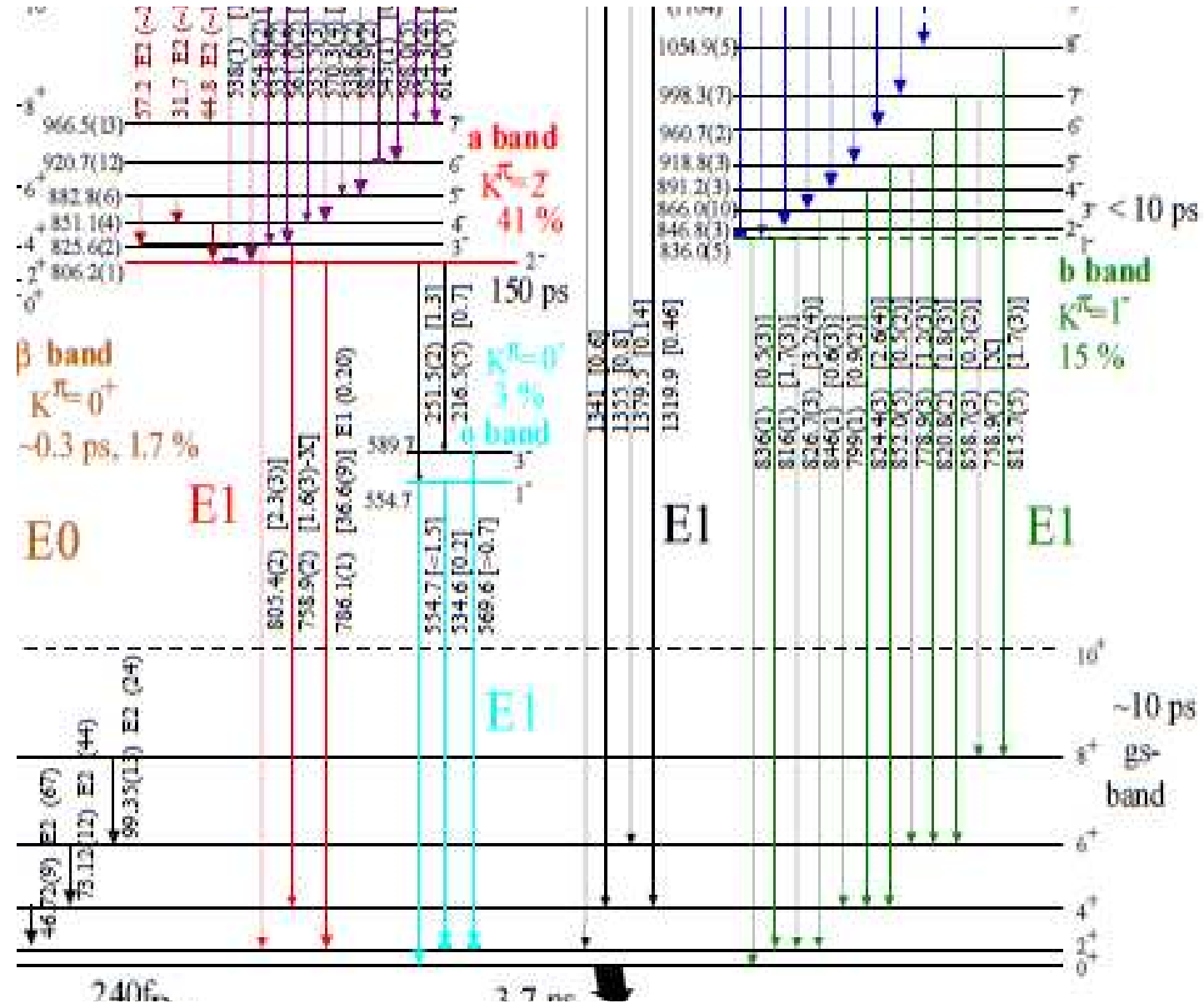
Z	N	A	LSD	FRLDM	HN	EXP
92	140	232	—	3.2	4.5	5.4
	142	234	4.4	3.8	5.1	5.9
	144	236	5.5	4.5	5.6	5.6
	146	238	6.7	5.1	5.9	6.0
	148	240	6.5	5.7	5.9	6.1
94	142	236	5.9	4.5	5.4	5.7
	144	238	6.5	5.3	6.1	5.9
	146	240	7.0	6.0	6.4	5.8
	148	242	7.1	6.4	6.3	5.7
	150	244	6.9	6.6	6.0	5.5
	152	246	7.2	6.3	5.7	5.4
96	146	242	7.1	6.6	6.7	6.0
	148	244	7.2	6.9	6.6	6.1
	150	246	6.8	7.0	6.2	6.0
	152	248	6.6	6.8	5.9	5.9
	154	250	5.9	5.9	5.3	5.4
98	152	250	6.5	7.1	6.6	5.6
	154	252	—	6.1	5.8	5.3



Models:	LSD	FRLDM	HN
N	16	18	18
$\langle B_f^{th} - B_f^{exp} \rangle$	0.9	1.0	0.4
$Max B_f^{th} - B_f^{exp} $	1.8	2.2	1.0
R.m.s	1.0	1.1	0.5

Polikanov et al. (1962) Odkrycie izomerów rozszczepieniowych
Strutinsky (1967) Rachunek drugich minimów
Specht et al. (1972) Identyfikacja poziomów rotacyjnych z dużym momentem bezwładności w ^{240}Pu





D. Gassmann et al., Phys. Lett. B 497 (2001) 181

Third minima: Th,U

First predicted: P. Moller, S.G. Nilsson and R.K. Sheline (1972)
then Howard & Moller (1980) – rather shallow III-rd minima
S.Cwiok et al. – rather deep III-rd minima
some, not all, HF calculations give III-rd minima, BUT
they often differ from macro-micro results

Experiments:

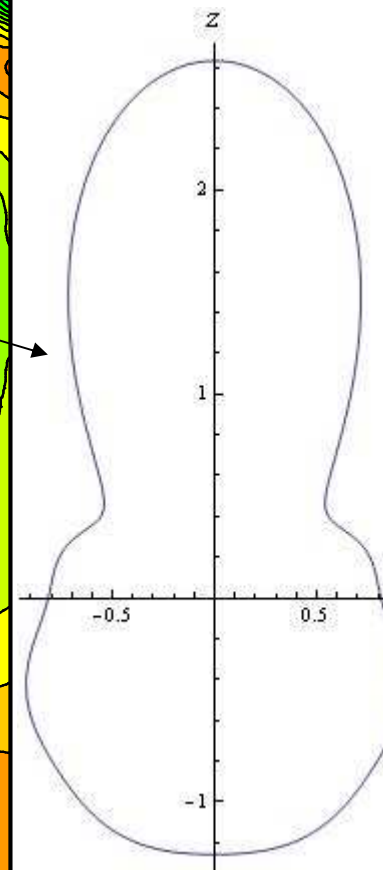
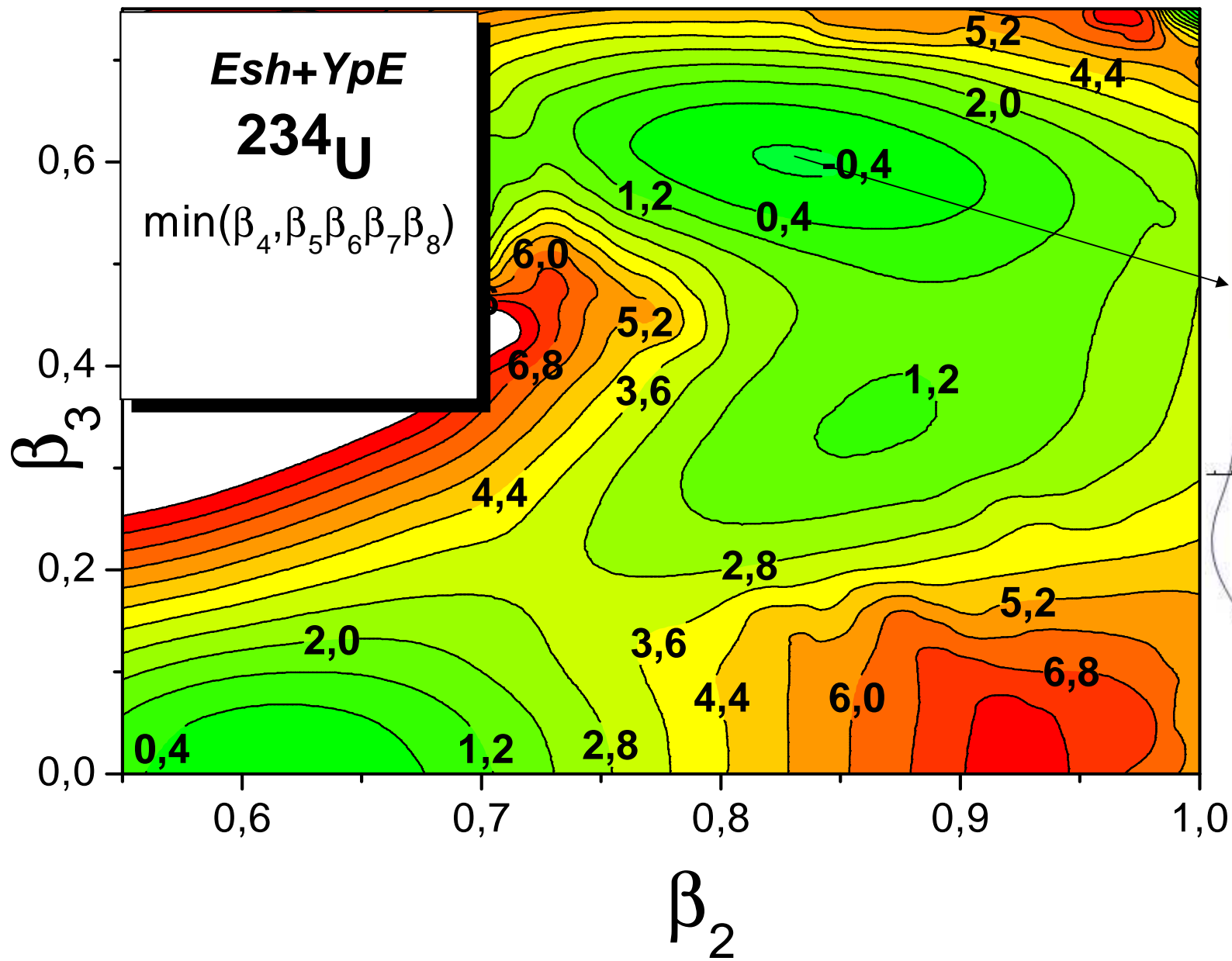
1) Studies of microstructure in the resonances
of fission probability found using (n,f), (t,pf)
and (d,pf) reactions

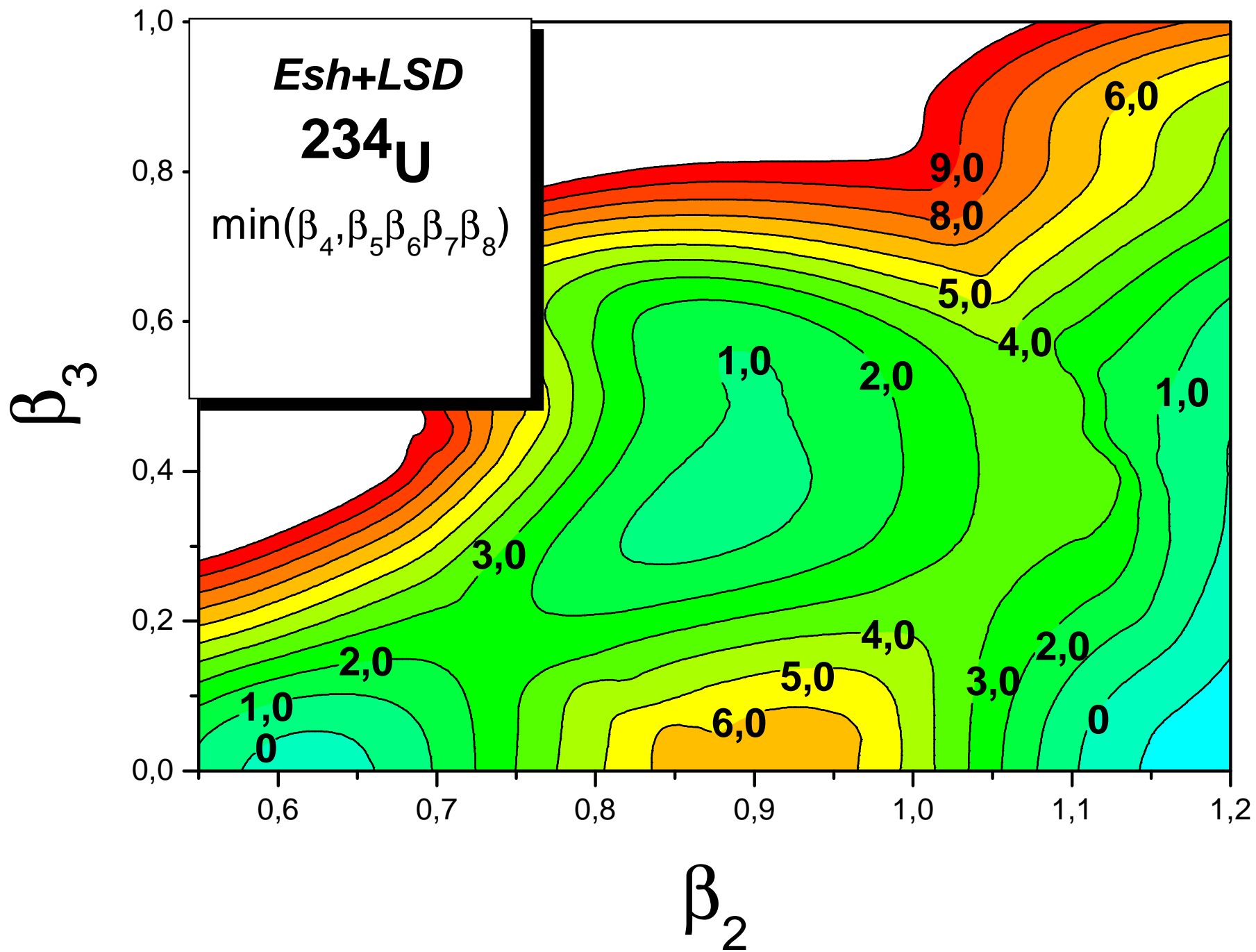
B.B. Back et al. (1972)

J. Blons et al. (1975)

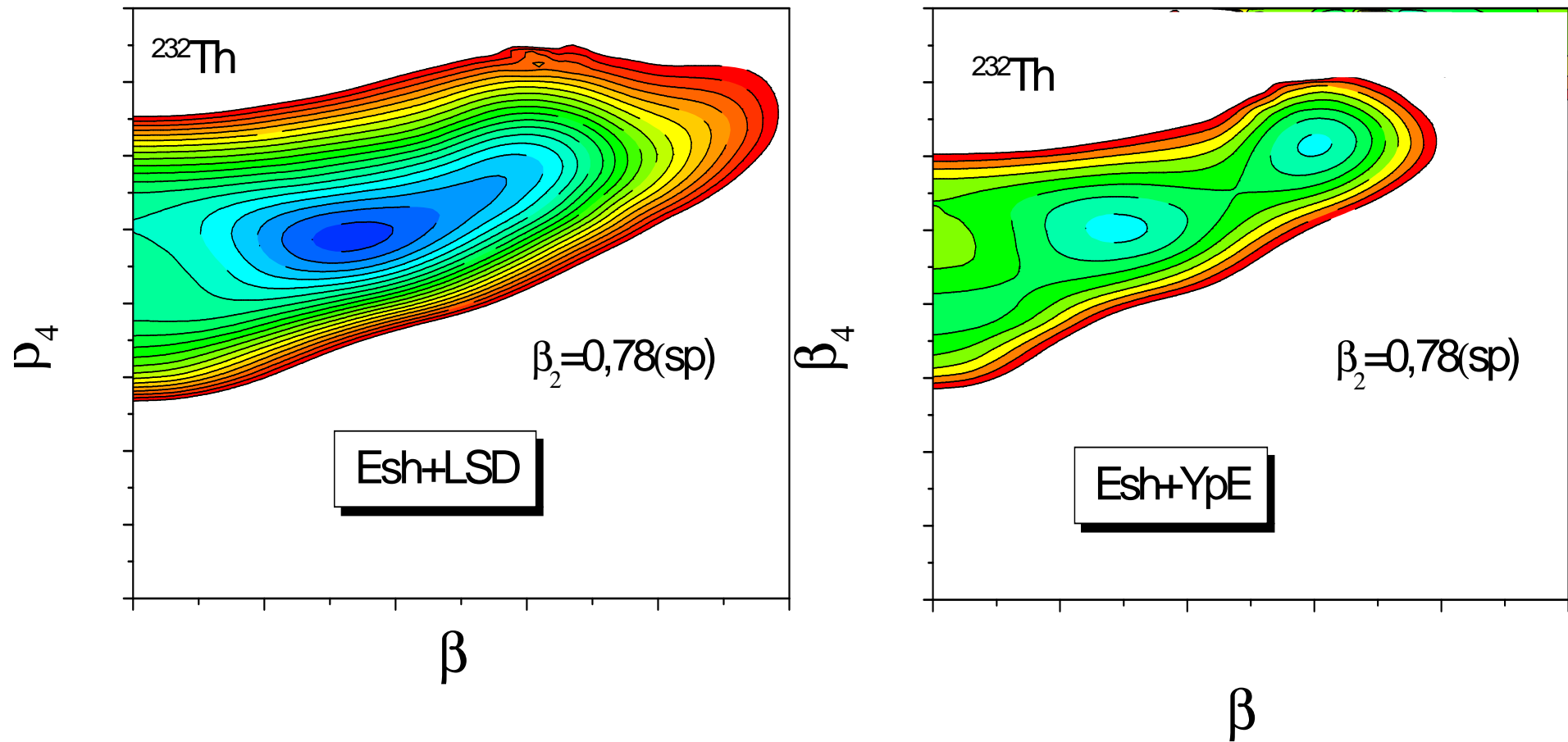
recent claims of III-rd minima in ^{232}U , ^{234}U , ^{236}U

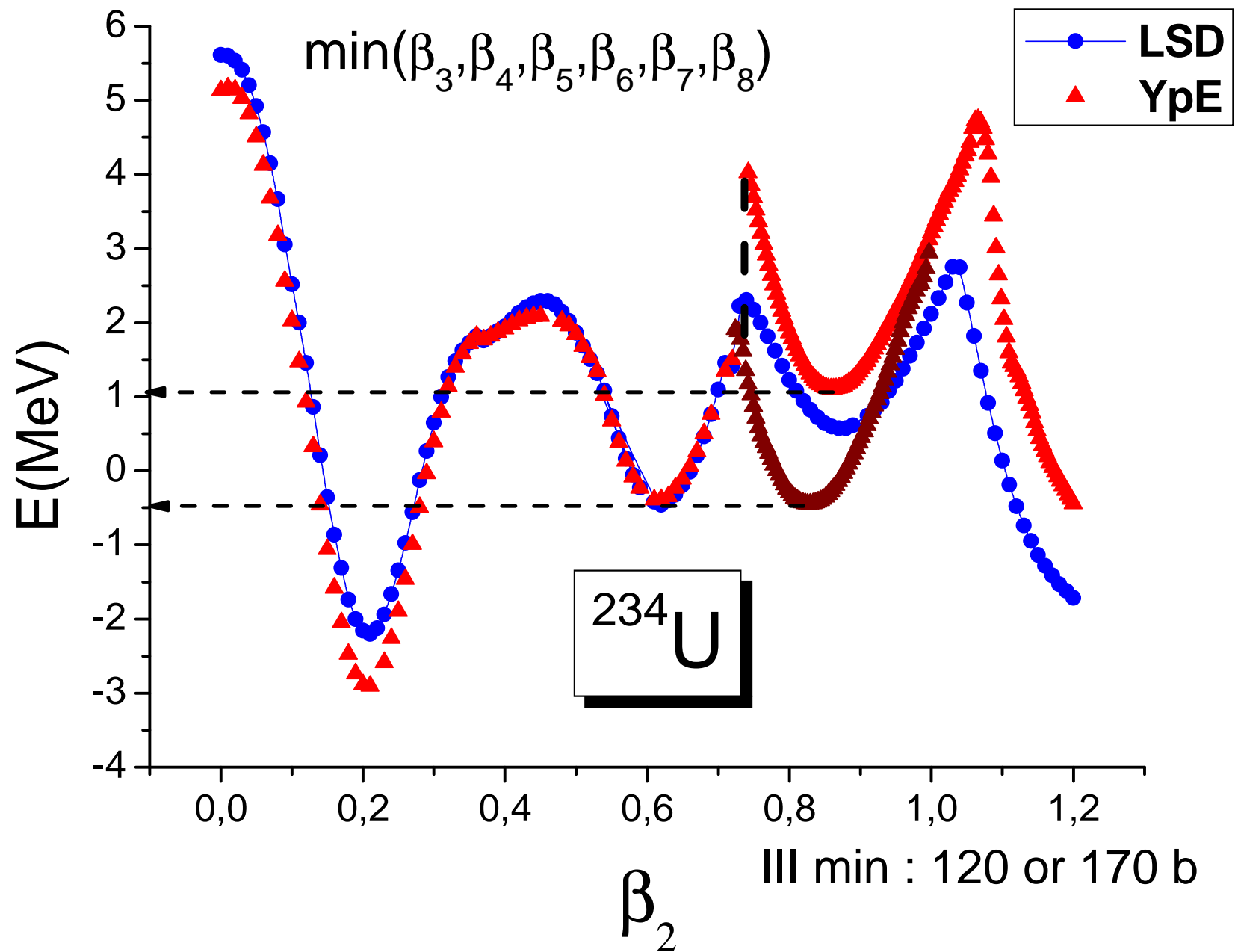
2) Also observations of asymmetric angular distribution
of light fission fragments around ^{232}Th

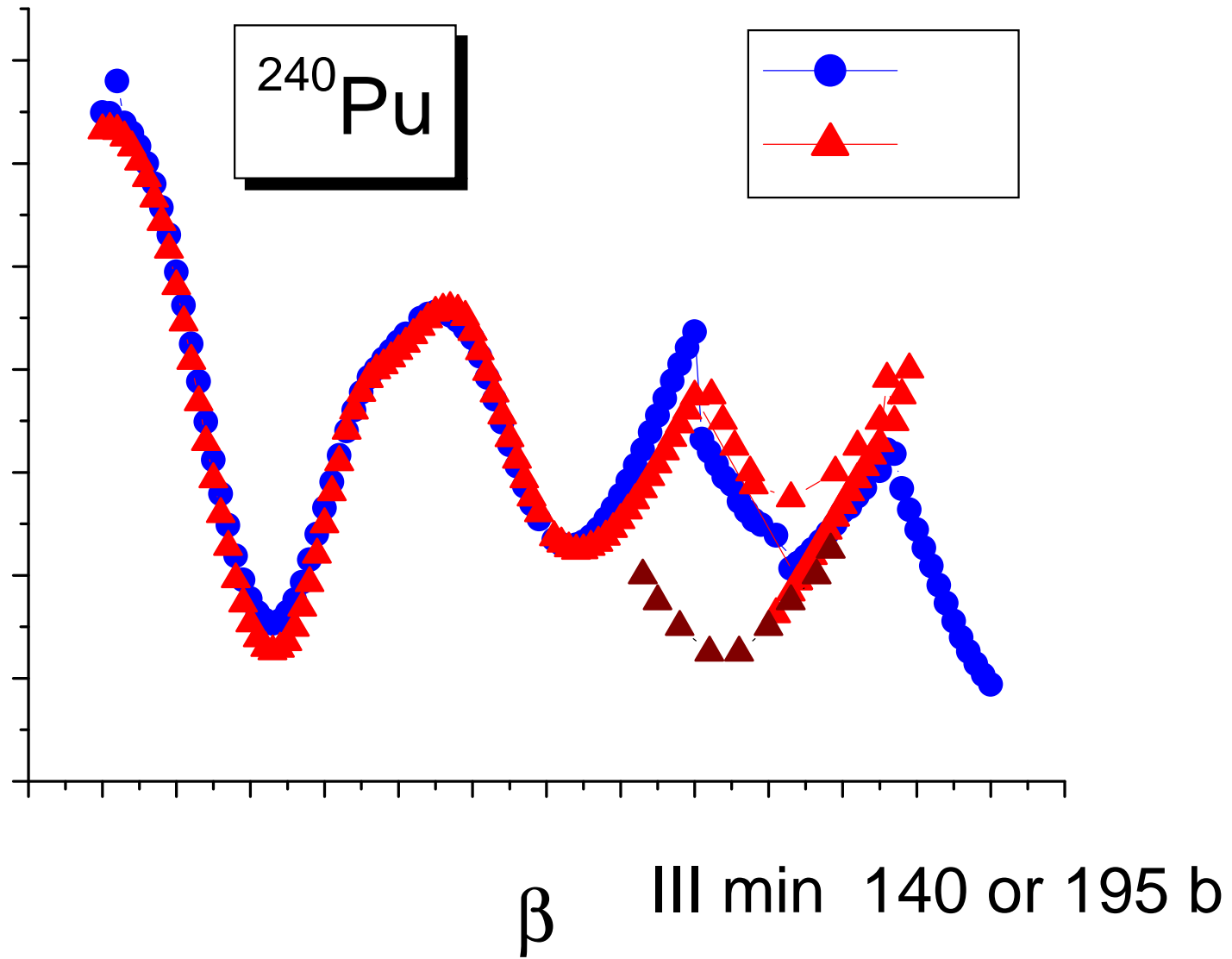




Difficulties with energy minimization with YpE

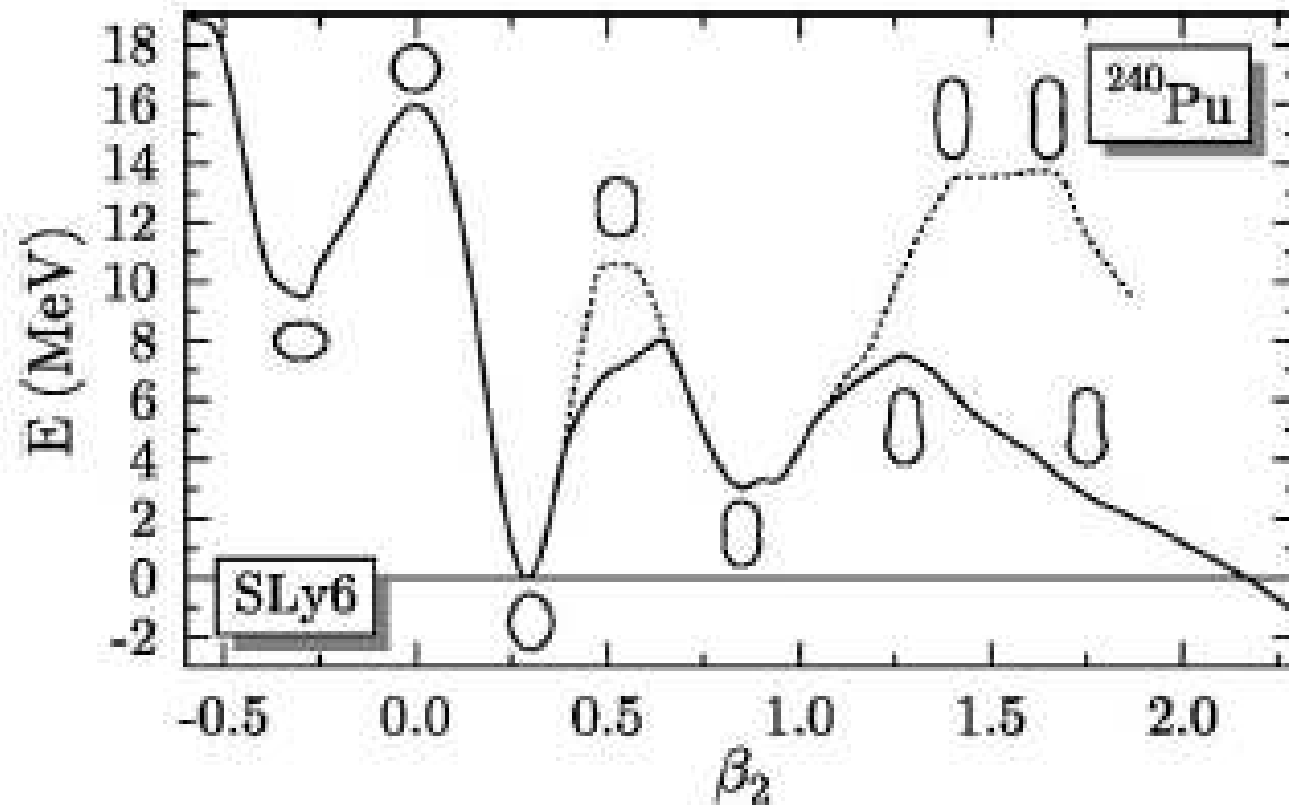


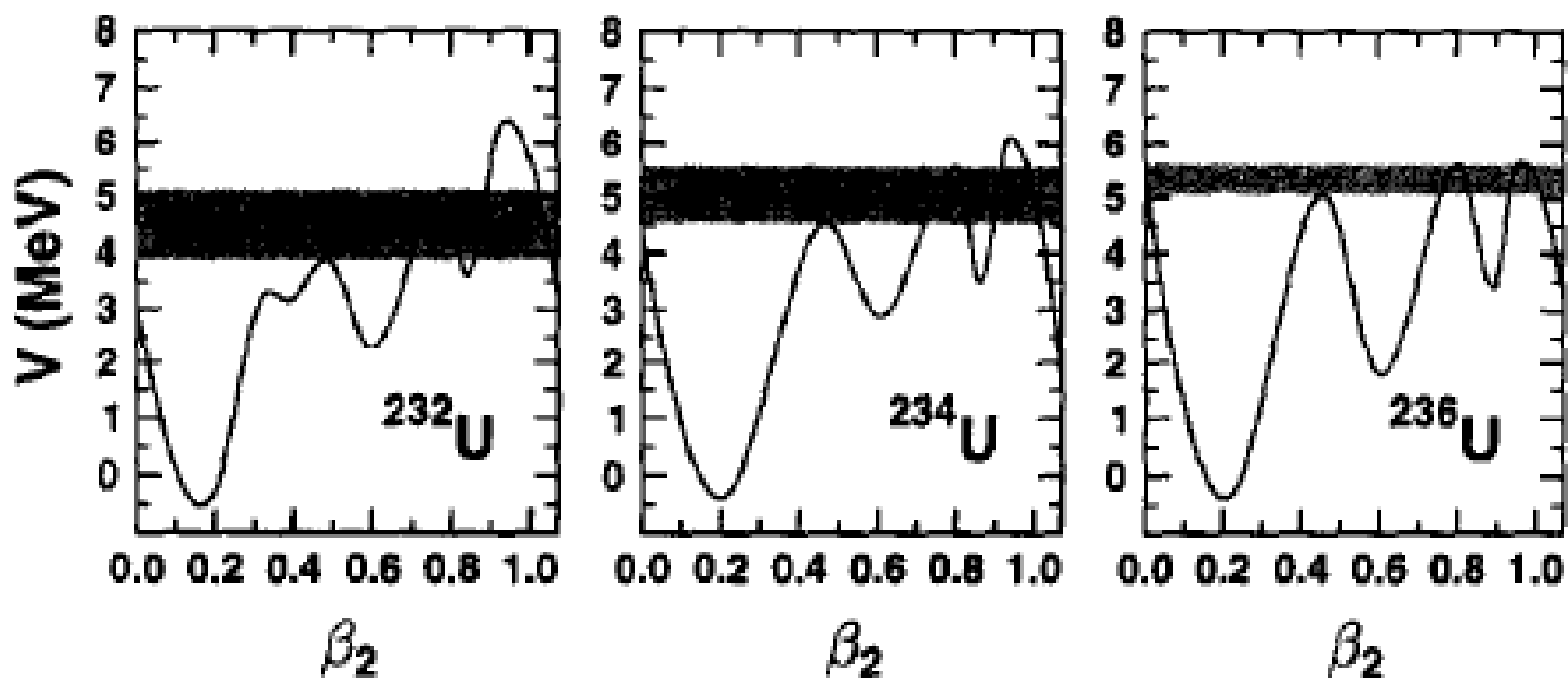




BÜRVENICH, BENDER, MARUHN, AND REINHARD

PHYSICAL REVIEW C 69, 014307 (2004)





Z	N	E (I) MIN	B (I)	E (II) MIN	B (II)	E(III) a b3=0,6	E(III) b B3=0,3	B(III)
90	140	-2,3	6,2	2.5	-----	4.8	4.5	----
90	142	-2,5	6,9	2.0	6,4	4.8	4.4	9,4
92	140	-2,7	4,5	3.0	5,7	2.7	4.2	6,7
92	142	-2,9	5,1	2.5	6,6	2.4	4.0	7,7
92	144	-3,0	5,9	2.0	6,2	2.2	3.8	7,3
94	146	-3,9	6,9	2.4	6,0	0.3	3.3	5,8

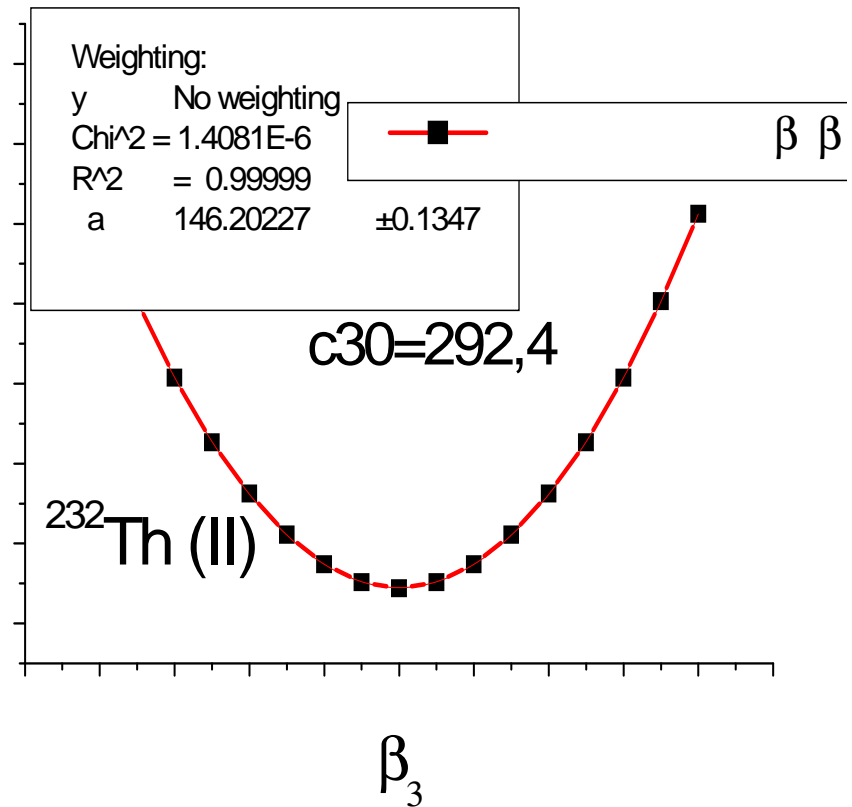
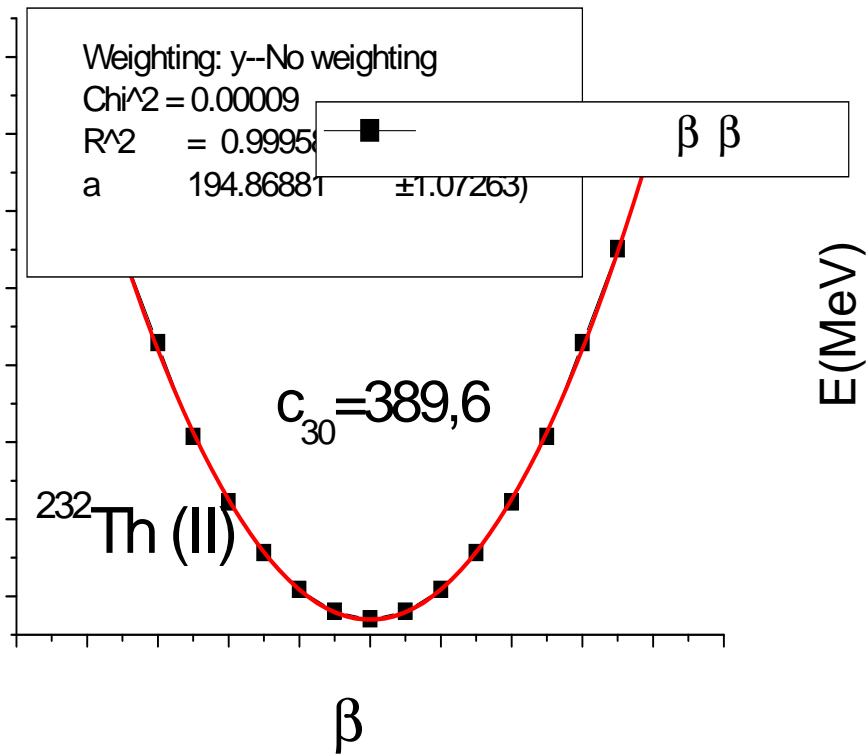
Sposób wyliczenia drgań:

$$H = -\frac{\hbar}{2} \frac{1}{\sqrt{\det B}} \sum_{i,j} \frac{\partial}{\partial \beta_i} (\sqrt{\det B} (B^{-1})_{ij} \frac{\partial}{\partial \beta_j}) + V(\beta_k)$$

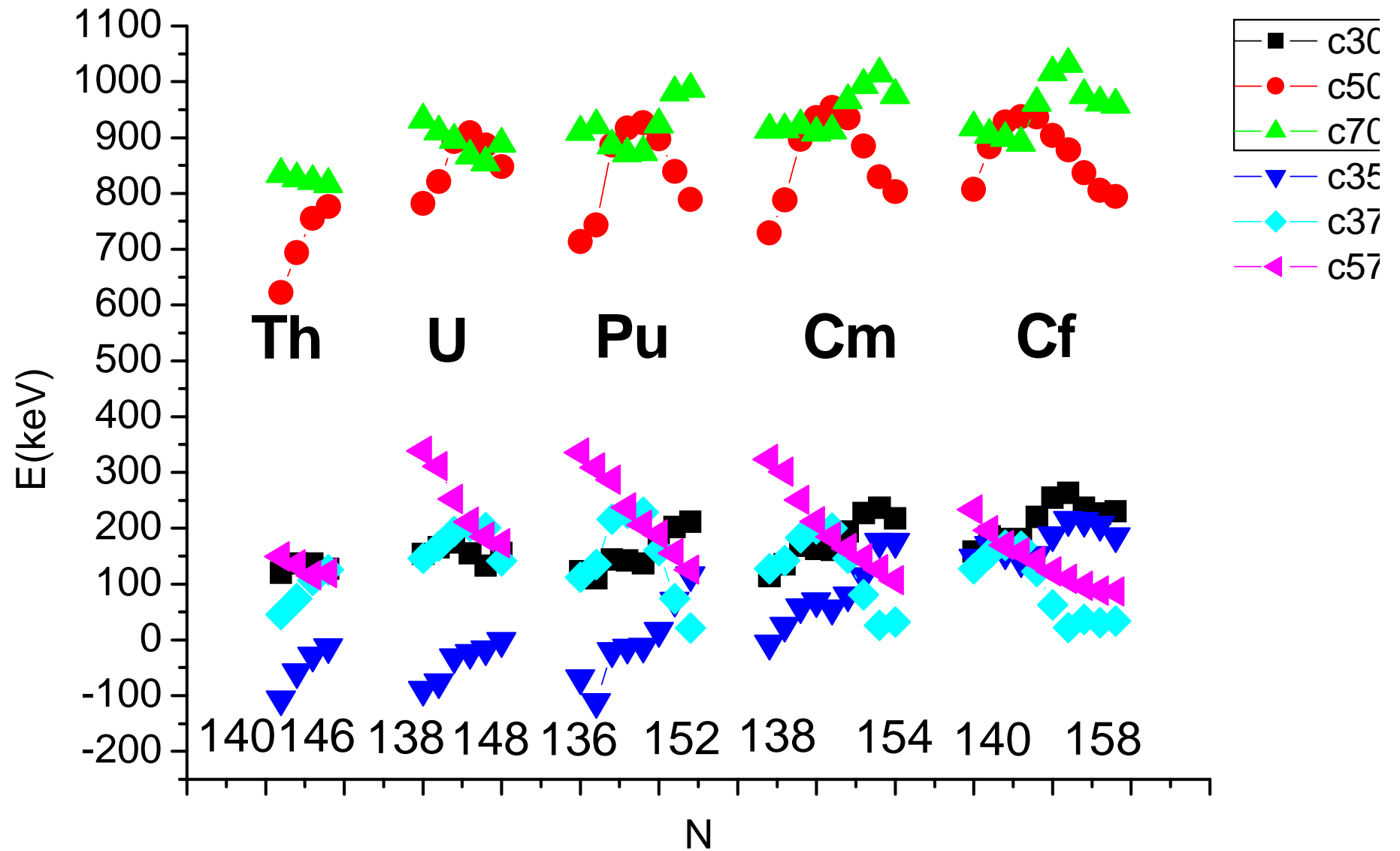
$$H = -\frac{\hbar}{2} \sum_{i,j} (B^{-1})_{ij} \frac{\partial^2}{\partial \beta_i \partial \beta_j} + \frac{1}{2} \sum_{i,j} C_{ij} \beta_i \beta_j$$

$$\det \left| C_{ij} - (\hbar \omega_K)^2 B_{ij} \right| = 0, \quad i, j = \beta_{\lambda K} \quad \lambda = 3, 5, 7$$

Parabolic fit to E(beta30) in the II-nd well



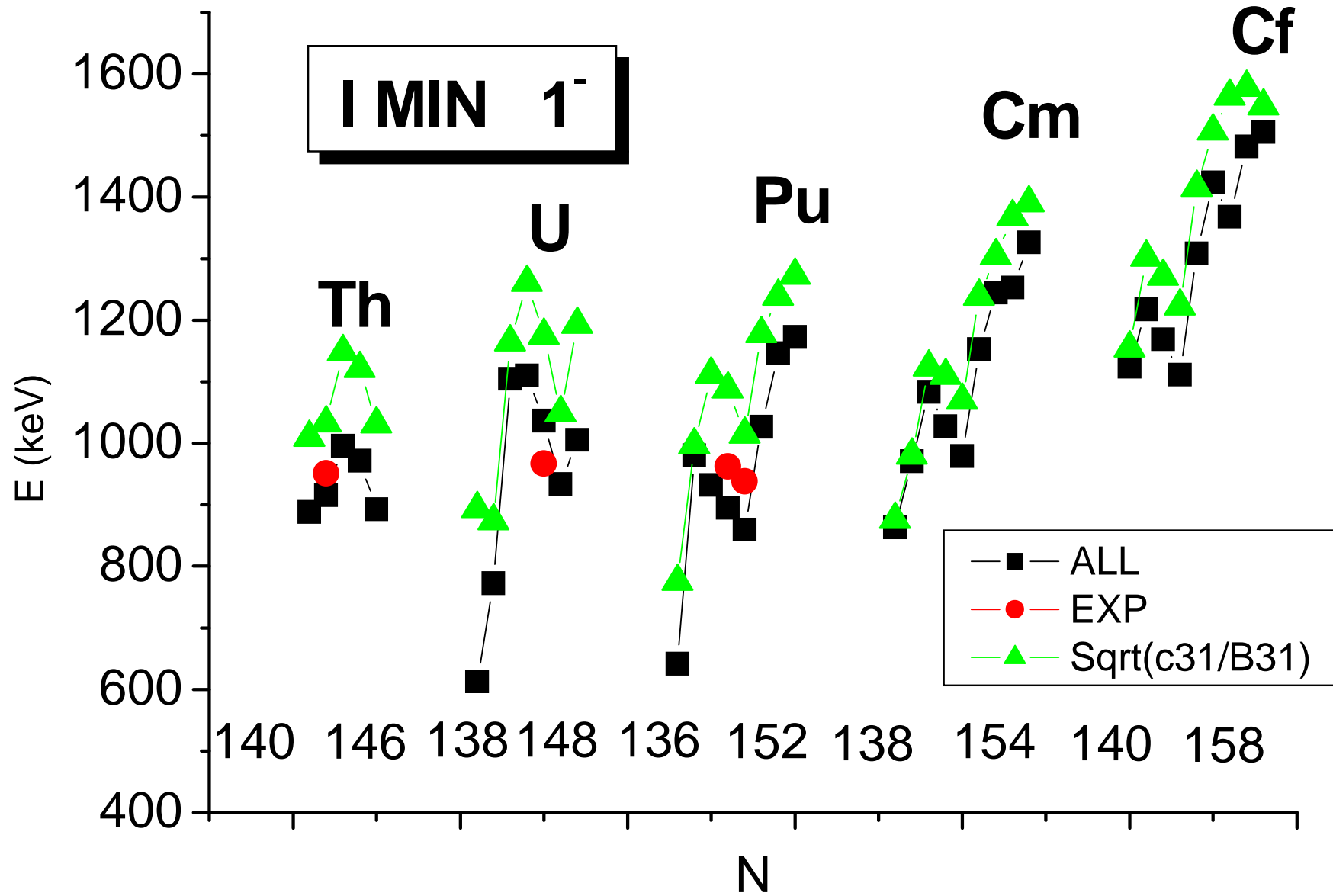
Sztywności I - minimum

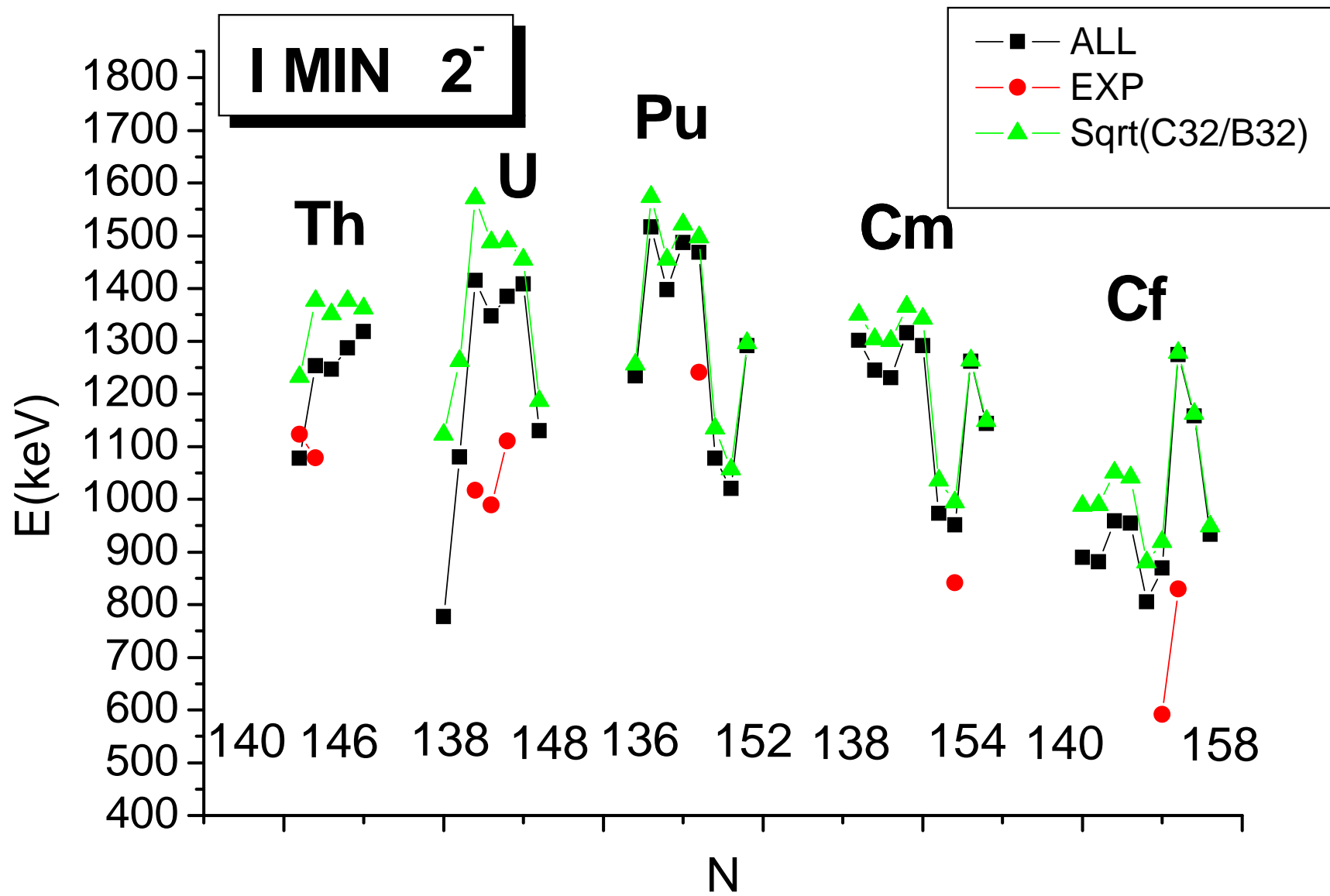


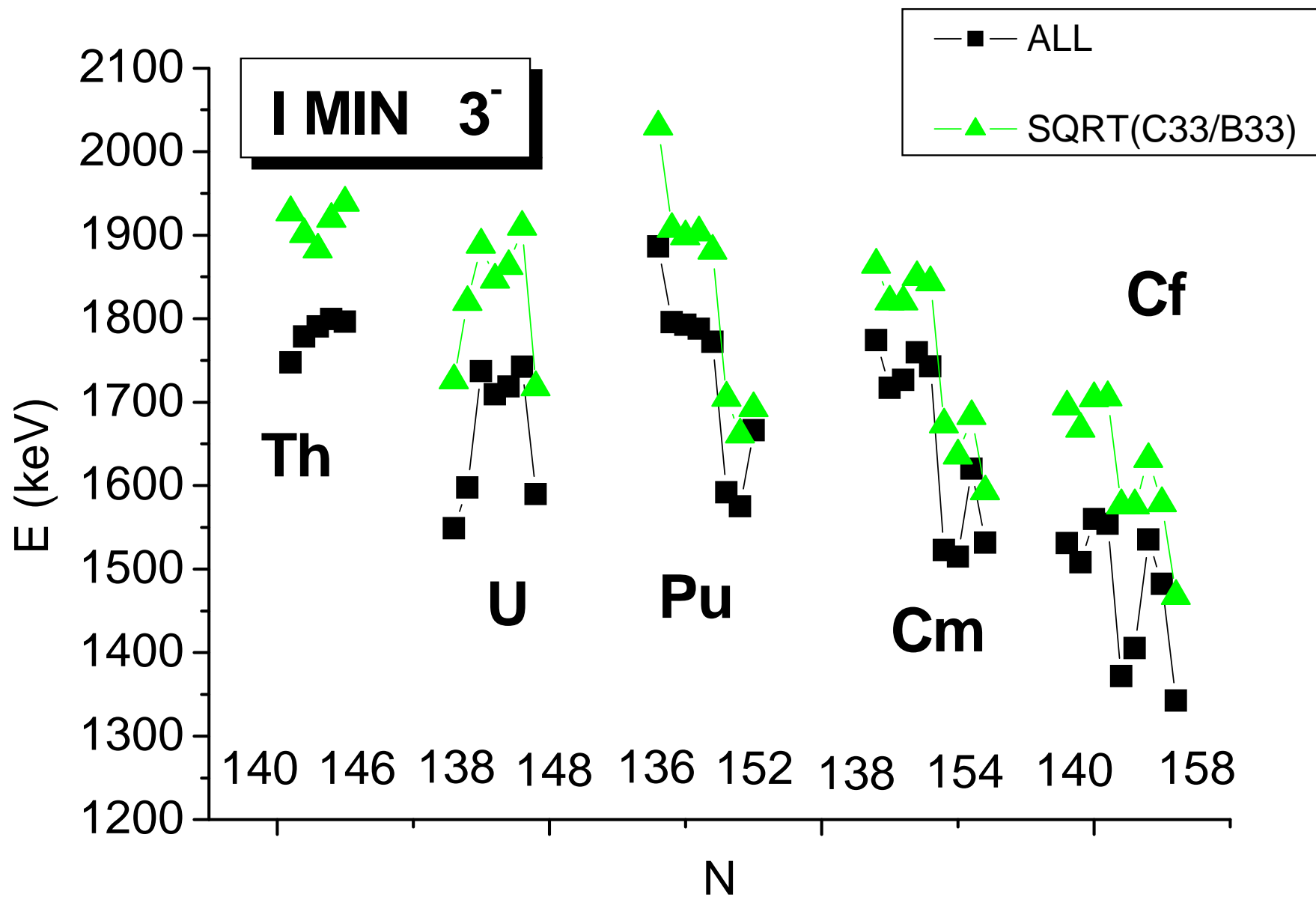
I minimum (0-) *sprężenie*

β_3 β_7

Z	N	A	$B(b_3, b_5, b_7)$	B=const	Sqrt(C/B)	EXP
92	138	230	550,5	527,4	756,4	366,7
92	140	232	697,8	545,6	772,5	563,2
92	142	234	819,5	689,3	905,9	786,3
92	144	236	693,7	643,9	880,8	687,6
92	146	238	451,4	560,9	795,1	680,1
94	144	238	465,4	528,9	814,1	605,14
94	146	240	338,1	508,5	792,3	597,34
94	150	244	1061,6	1082,7	1128,5	?
96	150	246	1091,7	1137,8	1217,3	1078,9







Sekwencja podstaw pasm:

•

EXP

TEORIA

$${}^{230}\text{Th} \quad K^\pi = 0^-, 1^-, 2^-, 3^-$$

$${}^{232}\text{Th} \quad K^\pi = 0^-, 2^-, 1^-, 3^-$$

$${}^{234}\text{Th} \quad K^\pi = 0^-, 2^-, 1^-, 3^-$$

$${}^{234}\text{U} \quad K^\pi = 0^-, 2^-, 1^-, 3^-$$

$${}^{236}\text{U} \quad K^\pi = 0^-, 1^-, 2^-, 3^-$$

$$K^\pi = 0^-, 1^-, 2^-, 3^-$$

$$K^\pi = 0^-, 1^-, 2^-, 3^-$$

$$K^\pi = 0^-, 1^-, 2^-, 3^-$$

$$K^\pi = 0^-, 1^-, 2^-, 3^-$$

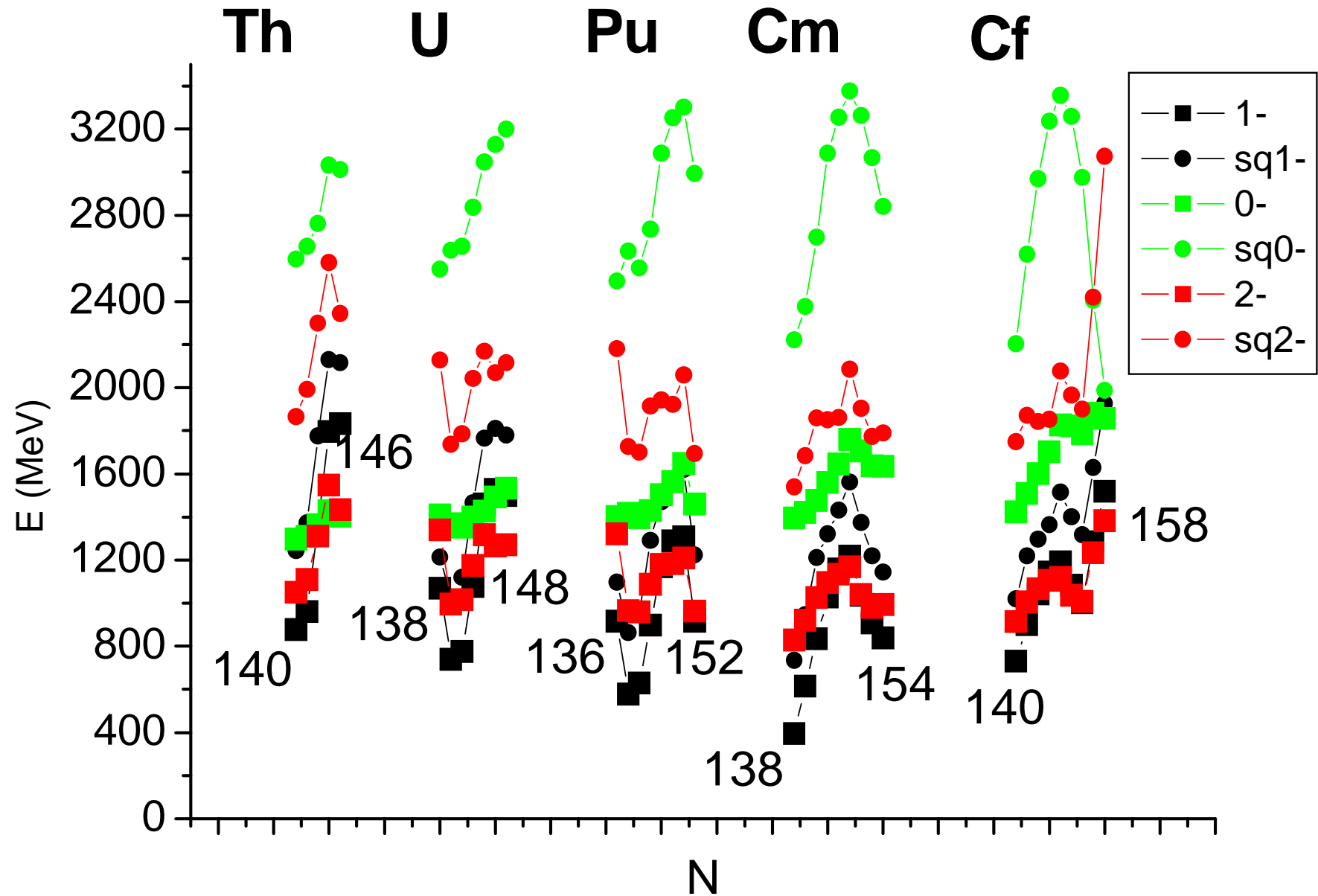
$$K^\pi = 0^-, 1^-, 2^-, 3^-$$

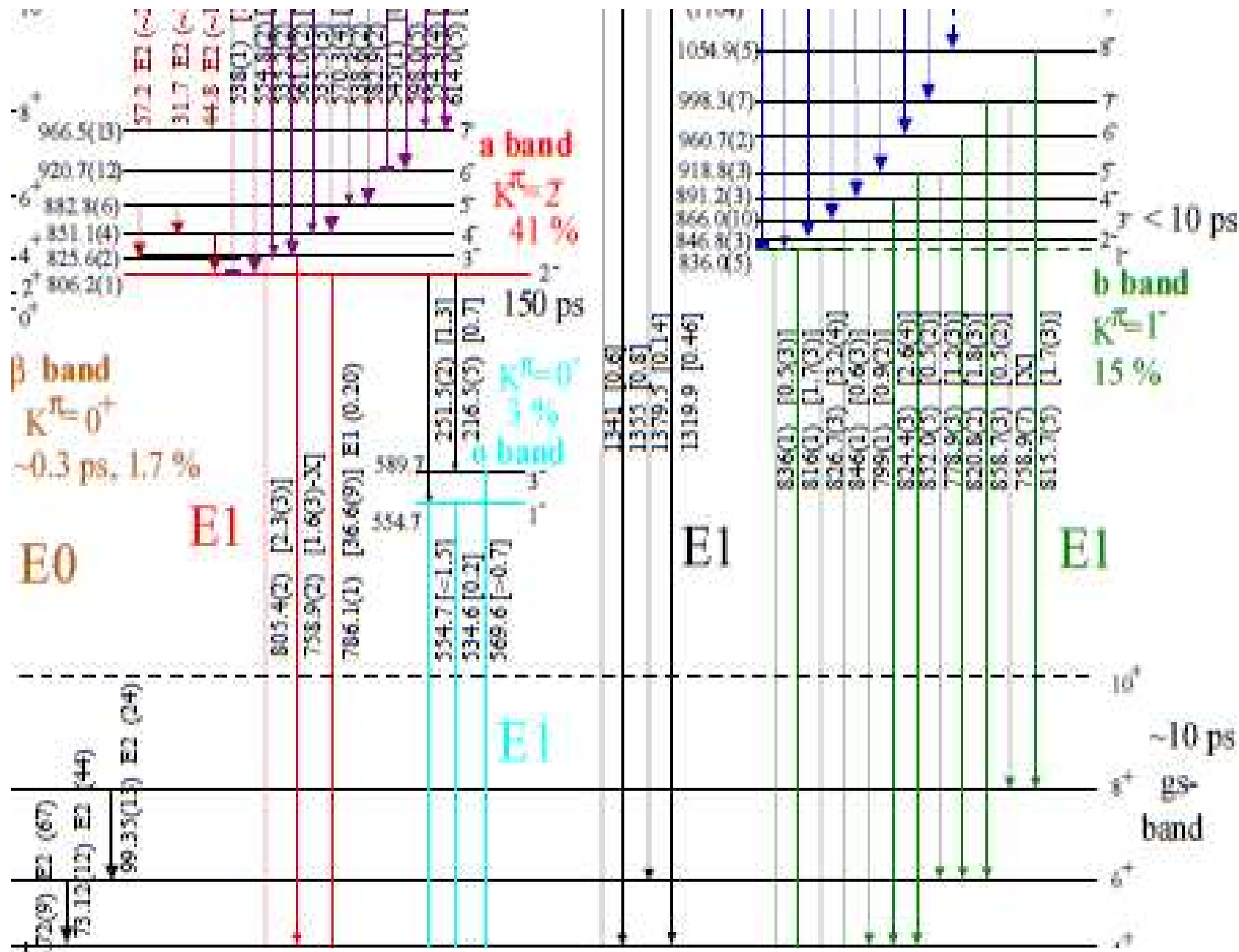
II minimum (0-) *sprężenie*

β_3 β_5

Z	N	A	B(b3,b5,b7)	B=const	Sqrt(C/B)
92	138	230	1137,6	1309,0	2482,2
92	140	232	1131,5	1331,0	2429,8
92	142	234	1399,5	1390,1	2671,7
92	144	236	1198,7	1429,7	3002,2
92	146	238	1236,1	1491,5	3103,8
94	144	238	1196,5	1504,8	2999,2
94	146	240	1272,0	1565,0	3253,5
94	150	244	1352,6	1653,6	3337,8
96	150	246	1379,9	1681,0	3439,7

II – minimum





D. Gassmann et al., Phys. Lett. B 497 (2001) 181

II minimum (0-)

240 Pu

$E(0-)(th)=1272 \text{ KeV}$

$E(0-)(exp)=555 \text{ KeV}$

$E(1-)(th)=1289,2 \text{ KeV}$

$E(1-)(exp)=846 \text{ KeV}$

$E(2-)(th)=1182,8 \text{ KeV}$

$E(2-)(exp)=806 \text{ KeV}$

$$T = \left\langle \beta_k \right\rangle_{tr} = \int \sqrt{\det B} \psi_{exc}^* \psi_{gs}(\beta_k); \quad \beta_k = \sqrt{\hbar} \sum_k \left(\sum_j \frac{S_{1ij} S_{2jk}}{\sqrt{B_{dj} \Omega_{dk}}} \right) \xi_k$$

$K=0$

I minimum

Z	A	T(LD)	T(Sh_cor)	TOT
92	230	0,19	0,04	0,23
92	232	0,17	0,00	0,17
92	234	0,17	-0,07	0,10
92	236	0,17	-0,16	0,01
92	238	0,17	-0,24	-0,07
94	238	0,19	-0,13	0,06
94	240	0,18	-0,18	0,00
94	244	0,15	-0,18	-0,03
96	246	0,15	-0,14	0,01

II minimum

Z	A	T(LD)	T(Sh_cor)	TOT
92	230	0,29	0,11	0,40
92	232	0,34	0,08	0,42
92	234	0,34	0,04	0,38
92	236	0,34	0,02	0,36
92	238	0,33	0,02	0,35
94	238	0,33	0,09	0,42
94	240	0,32	0,76	1,08
94	244	0,29	0,03	0,32
96	246	0,29	0,12	0,41

III-rd minima show large mass-asymmetry.

One expects nearly degenerate, alternating parity gs band.

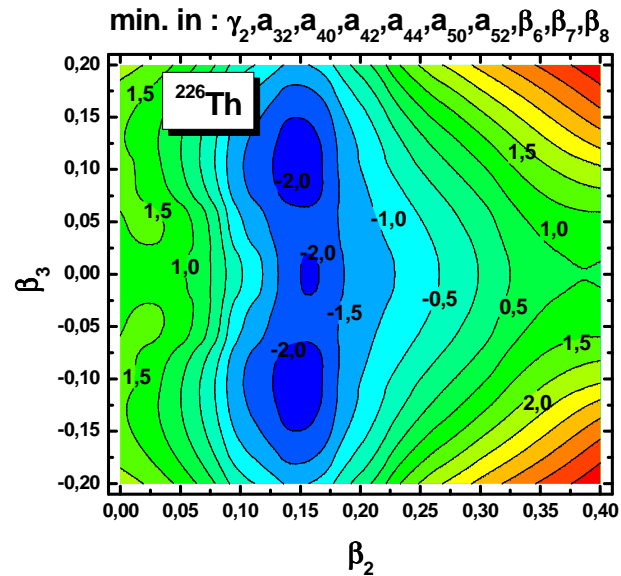
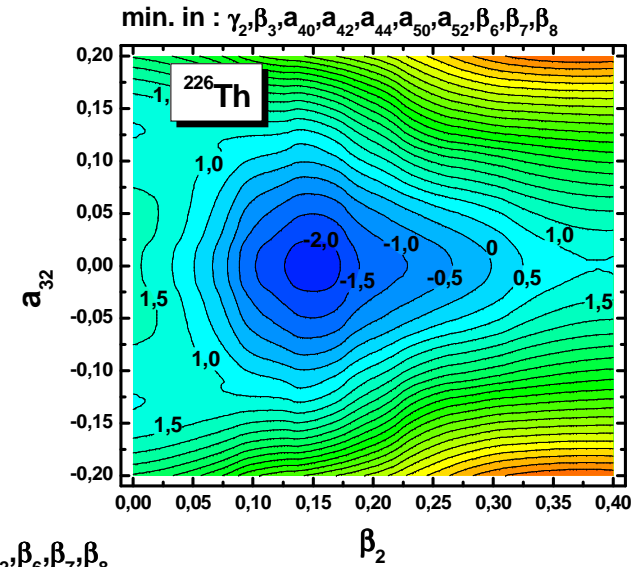
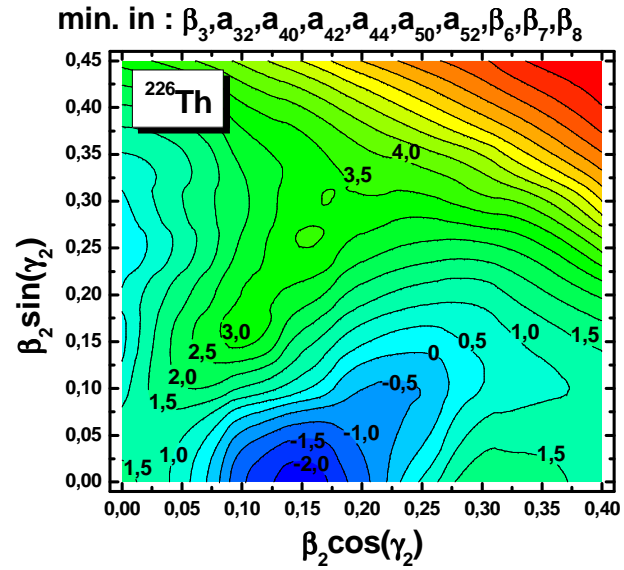
The $K=0$ vibration means a different thing than in the I and II well: it is no a priori reason that it be small.

Since the III-rd minima are axially symmetric, the scheme of calculating vibration energies is kept.

III MIN (b3=0,3)				
Z	N	A	ALL	SQRT (C3i/B3i)
OSCILLATION 0-				
90	140	230	1351,3	2060,9
90	142	232	1436,3	2161,5
92	140	232	1129,3	2065,6
92	142	234	1226,4	2239,3
92	144	236	1322,3	2252,5
94	146	240	1361,6	2122,8
OSCILLATION 1-				
90	140	230	1366,9	2271,9
90	142	232	1492,9	2391,4
92	140	232	1464,6	2208,7
92	142	234	1500,6	2270,4
92	144	236	1419,2	2287,8
94	146	240	1265,5	2133,5
OSCILLATION 2-				
90	140	230	1720,0	2080,3
90	142	232	1648,7	2128,8
92	140	232	1768,9	2019,2
92	142	234	1680,3	2023,4
92	144	236	1634,5	2018,3
94	146	240	1851,3	2173,8

III MIN (b3=0,6)				
Z	N	A	ALL	SQRT (C3i/B3i)
OSCILLATION 0-				
90	140	230	1626,1	2154,
90	142	232	1330,1	2337,8
92	140	232	1888,8	3055,4
92	142	234	1991,6	3181,2
92	144	236	2164,7	3297,3
94	146	240	1959,8	3350,0
OSCILLATION 1-				
90	140	230	1741,0	2980,3
90	142	232	1821,7	2988,7
92	140	232	1659,6	2538,9
92	142	234	1800,3	2751,8
92	144	236	2004,7	2851,9
94	146	240	1889,2	3044,8
OSCILLATION 2-				
90	140	230	1930,5	2145,1
90	142	232	2138,8	2415,9
92	140	232	2372,4	2736,2
92	142	234	2100,2	2578,9
92	144	236	2529,5	2886,6
94	146	240	1816,3	2285,4

Test symetrii tetrahedralnej - 226Th:



Wnioski:

III MINIMA

1. WS+YpE macro – micro => podwójne, głębokie III – minima.
2. WS+ LSD macro-micro => pojedyncze, głębokie III – minima.
3. FRLDM macro – micro => płytkie III minima.
4. HF model => brak III minimów.

Czy eksperyment jest na tyle czysty aby mógł odpowiedzieć na to pytanie?

OSCYLACJE „OKTUPOLOWE”

1. Niezła zgodność z doświadczeniem w I minimum.
(głównie za sprawą małych sztywności w kierunku Y30)
2. Odtwarzamy sekwencje stanów 0-, 1-, 2-, 3- dla ^{230}Th , ^{236}U , zła kolejność podstaw pasm (1-, 2-) w ^{232}Th , ^{234}Th ^{234}U .
3. Zbyt wysoka energia drgania 0- w II minimum w stosunku do sugerowanych doświadczenia.
4. Bardzo ważna rola sprzężeń do wyższych składowych oktupolowych (7 – I minimum, 5 – II minimum).
5. Brak niskoleżących stanów o ujemnej parzystości w III minimach.

TEST KSZTAŁTU TETRAHEDRALNEGO

1. Negatywny dla ^{226}Th (minimum „oktupolowe” - Y30).
2. Przebadane jądra superciężkie nie wykazują istnienia takiej symetrii (Y32) .