

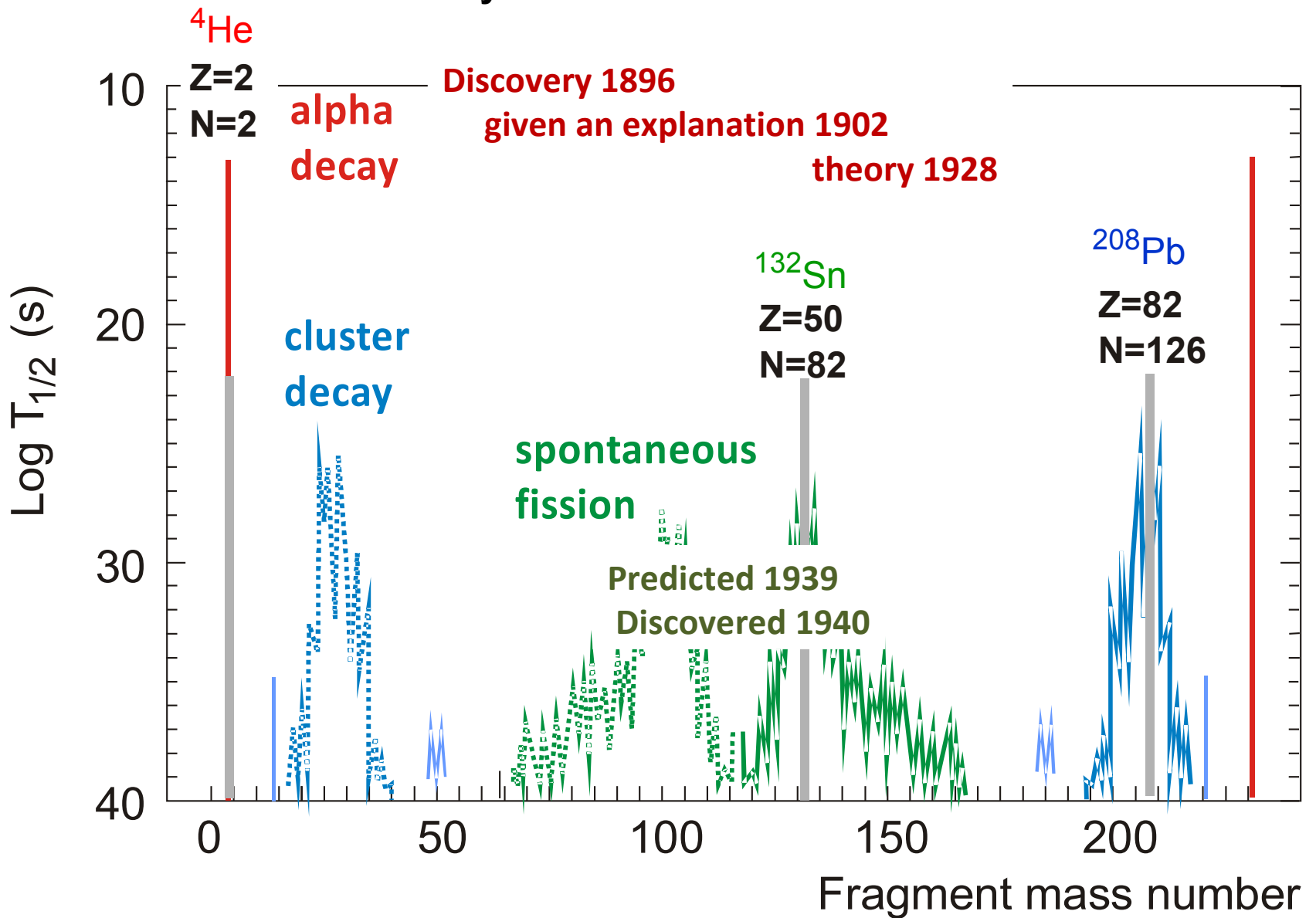
Спонтанное деление: сверхтяжелые ядра

Ю.Ц. Оганесян

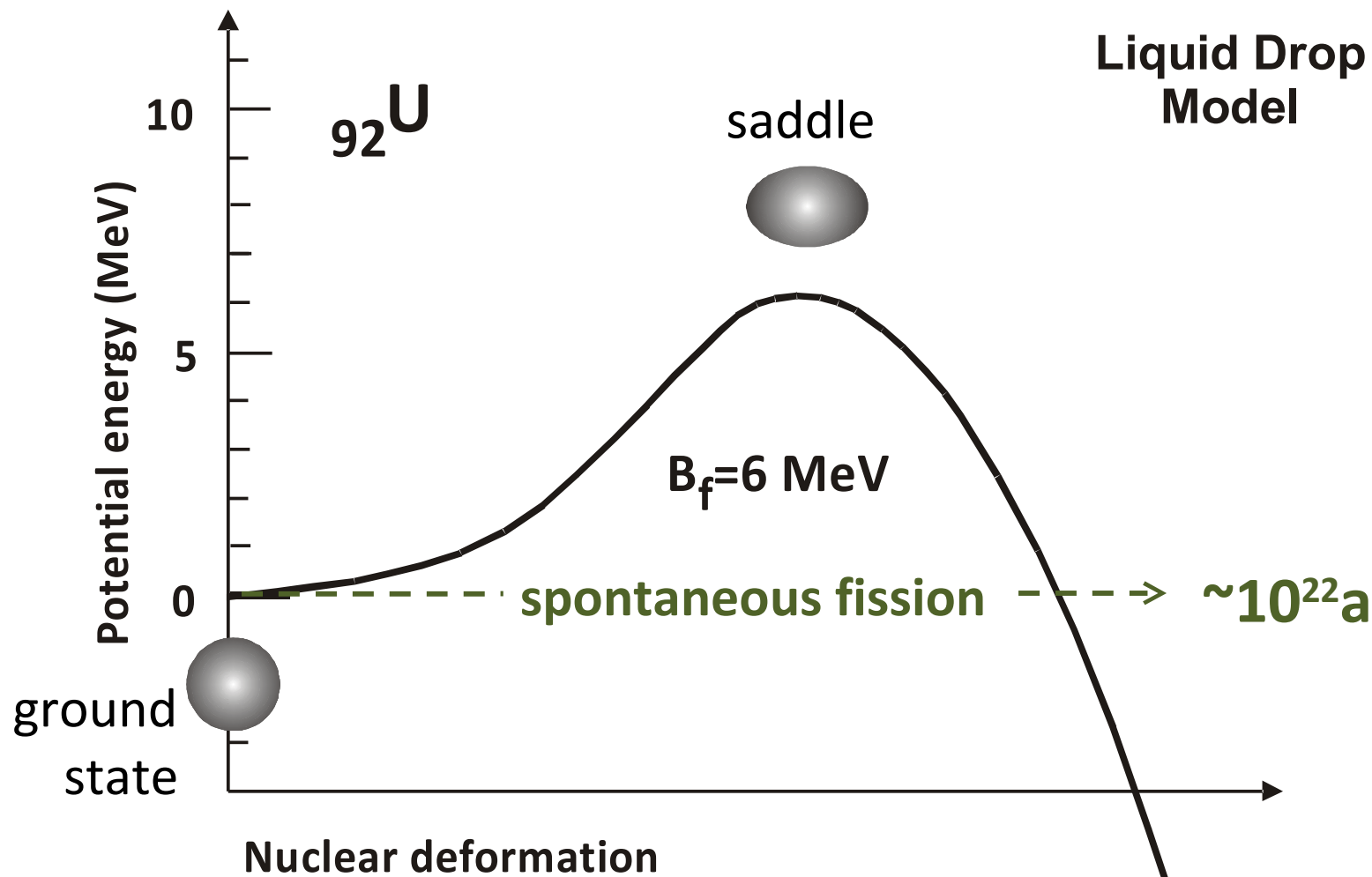
Лаборатория ядерных реакций им. Г.Н. Флерова
Объединенный Институт Ядерных Исследований

Симпозиум, посвященный 100–летию
открытия атомного ядра
10–11 марта 2011 г, ОИЯИ, Дубна

Decay modes of the ^{234}U nucleus



Discovery of the Spontaneous Fission



N. Bohr, J.A. Wheller, 1939

Отчет Ленинградского Физико-технического Института 1940 год

Итак можно утверждать, что установленный эффект спонтанных импульсов обусловлен актами деления урана. Такой процесс представляет собой новый вид радиоактивности, принципиально отличный от известных ранее видов радиоактивности с испусканием α и β - частиц.

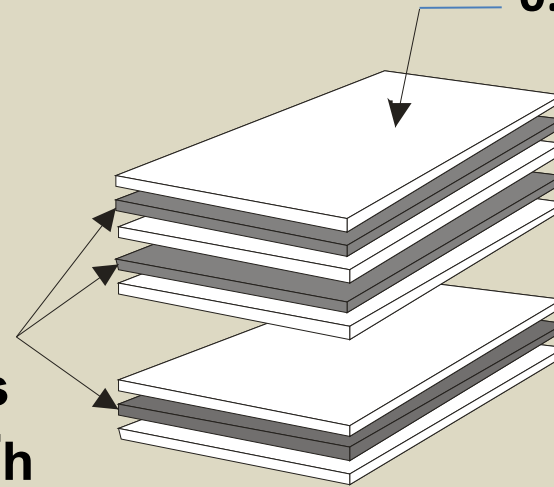
Расхождение между экспериментально наблюдаемым временем жизни урана и указанным Бором и Уиллером объясняется тем, что формула прохождения частицы через барьер очень чувствительна к выбранной высоте и ширине барьера, а выбор этих величин в достаточной мере произволен.



Gran Sacco Underground Laboratory

Dubna – Milano Collaboration

0.2 m²- track
detector



Sheets
of ²³²Th

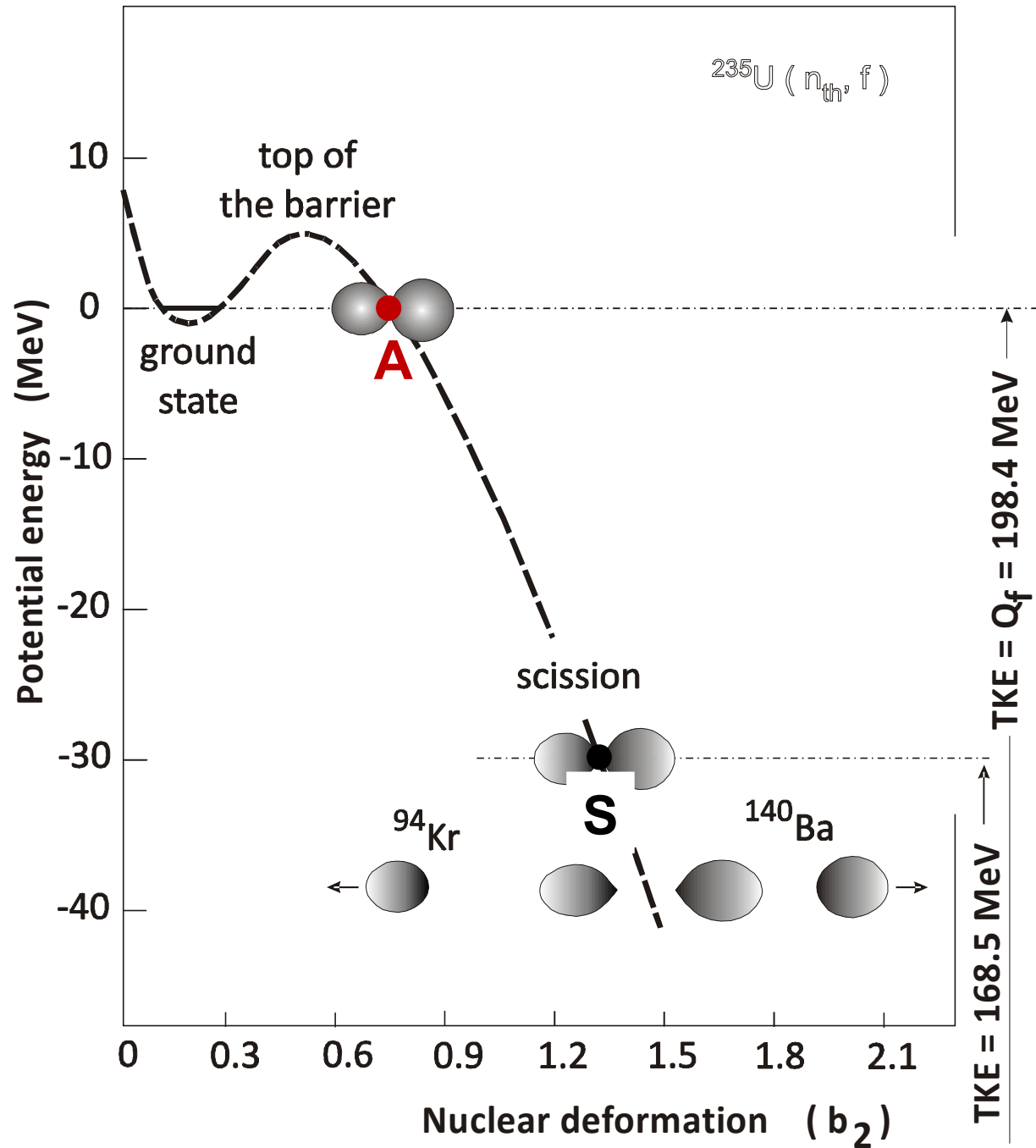
(total ~ 30g / ²³⁸U ≤ 2 · 10⁻⁶)

21 event/665d

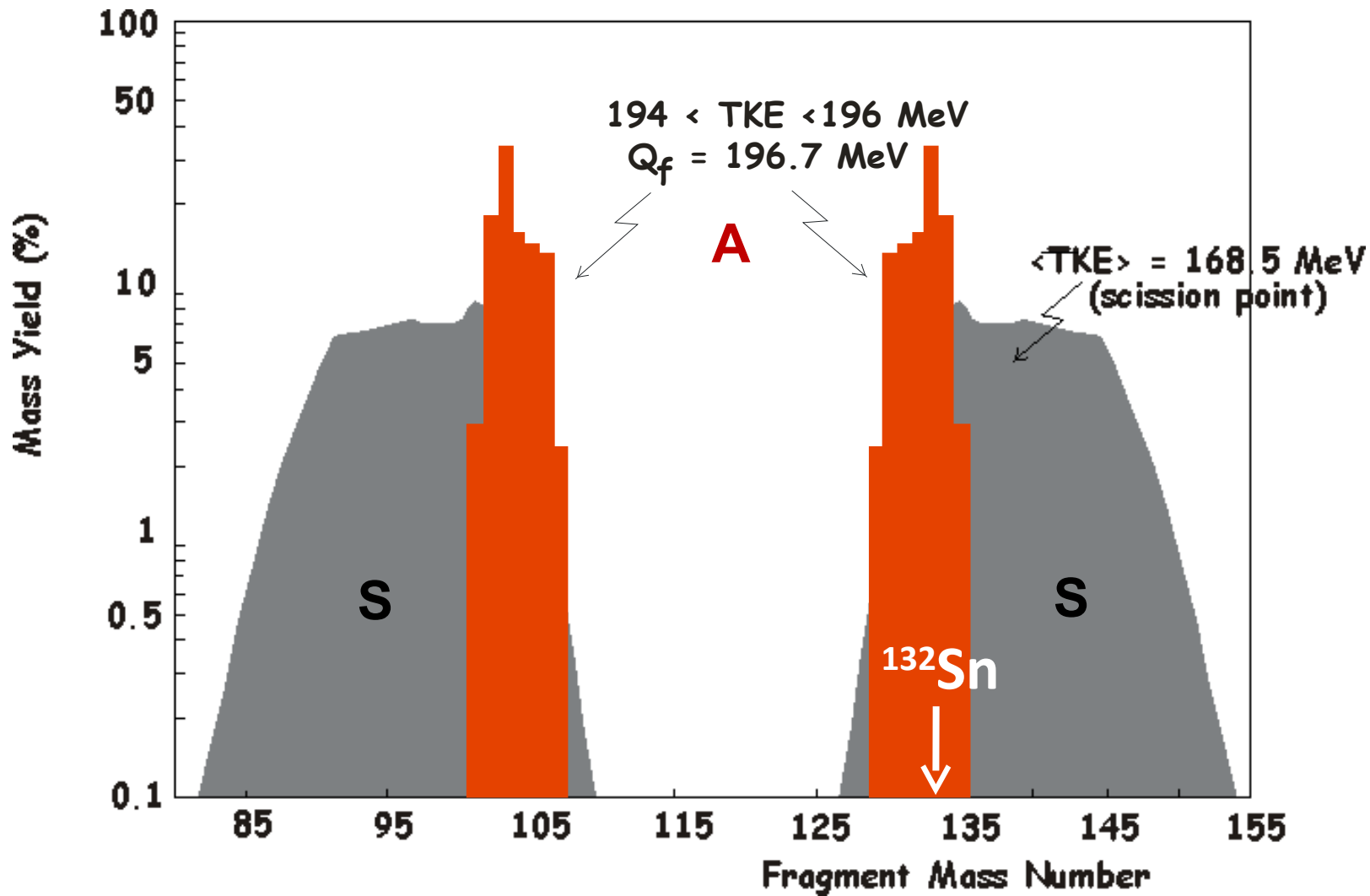
$$T_{SF} = (1.2 \pm 0.4) \cdot 10^{21} \text{a}$$

Search for Spontaneous Fission of ²³²Th

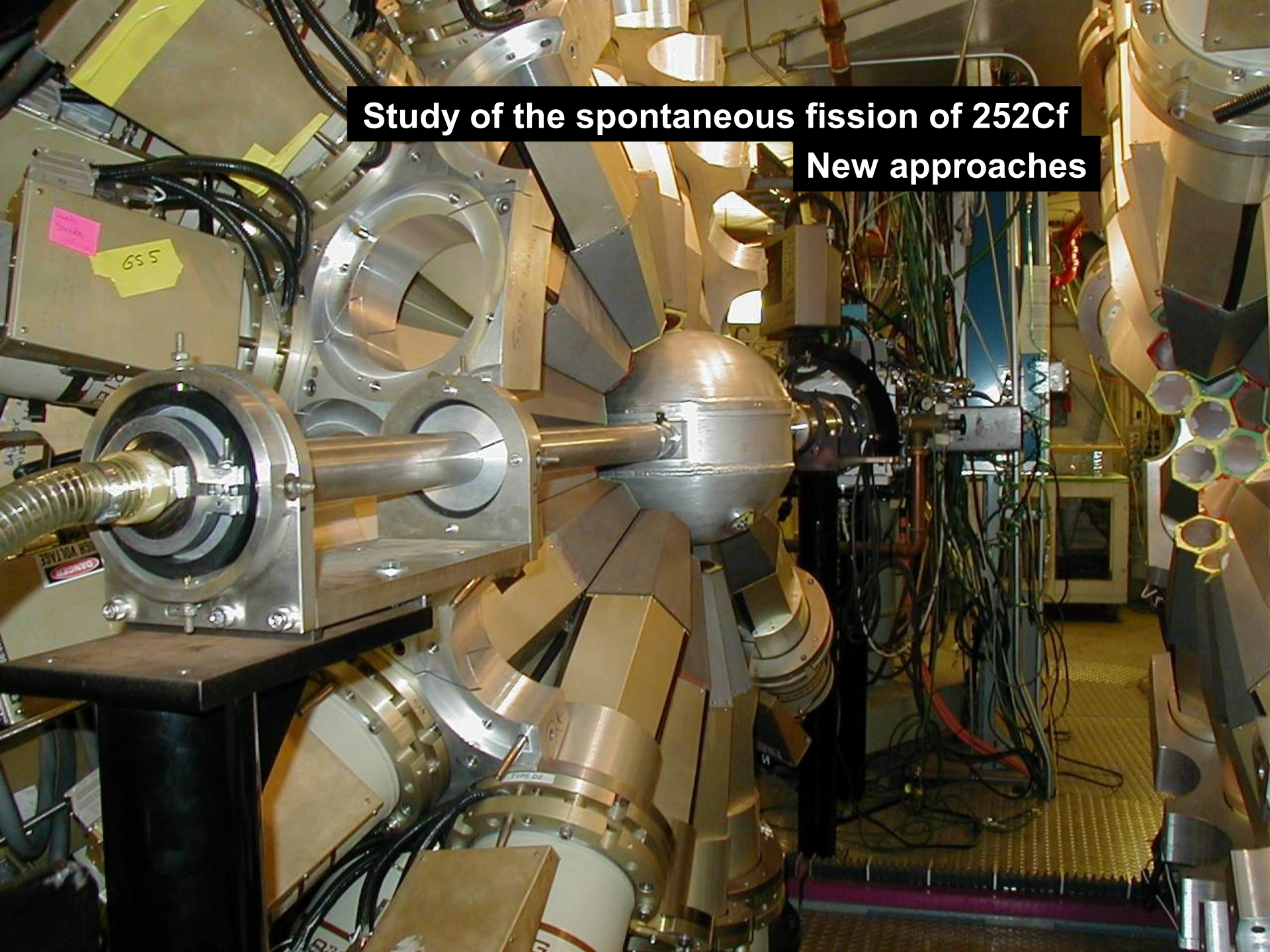
$$T_{SF} = \geq 10^{21} \text{a}$$

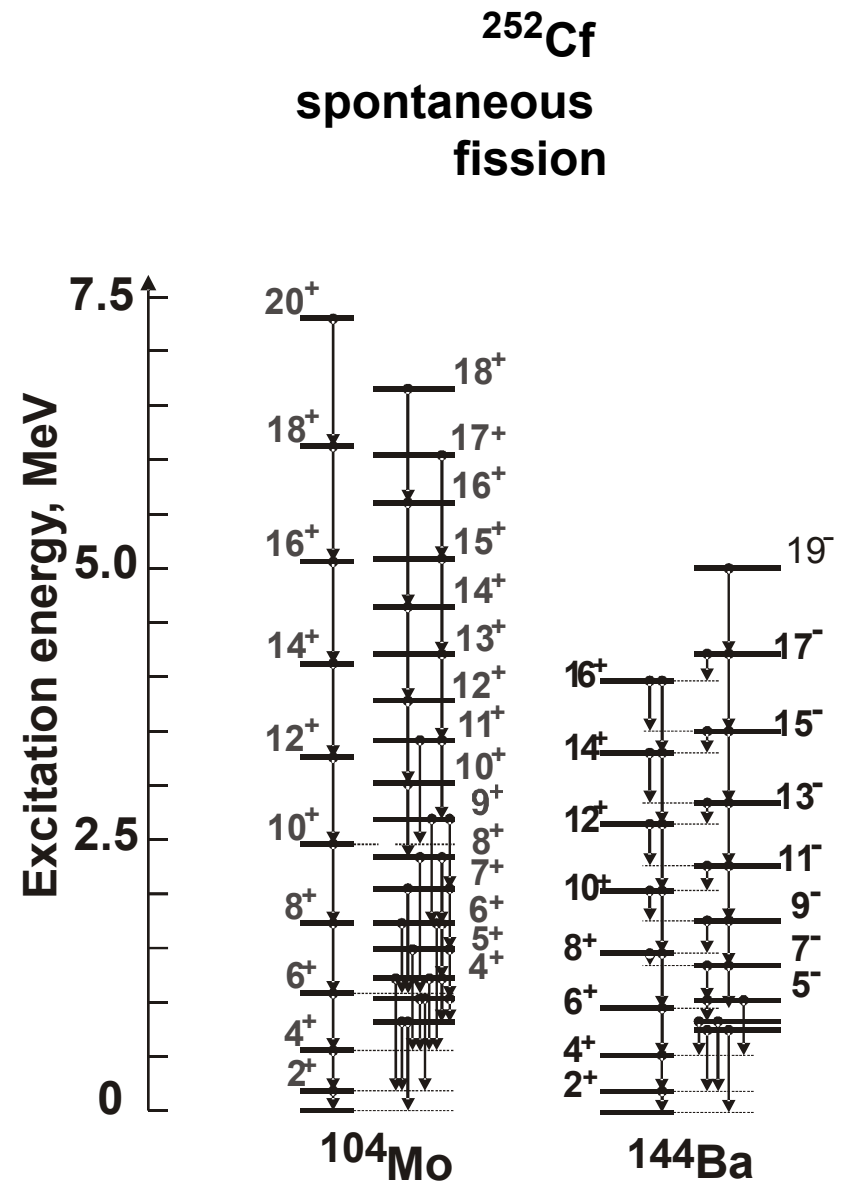
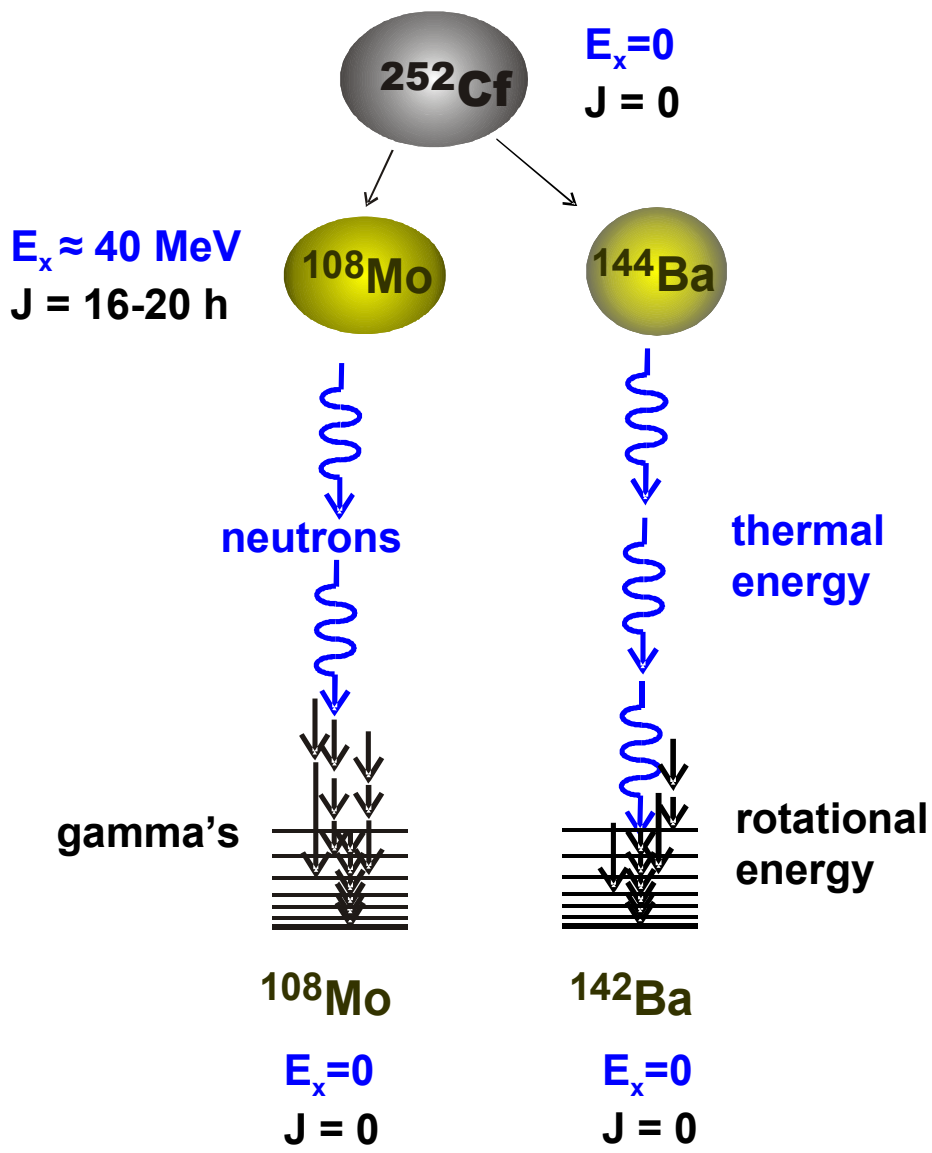


Fission: $^{235}\text{U} (n_0, f)$



Study of the spontaneous fission of ^{252}Cf
New approaches



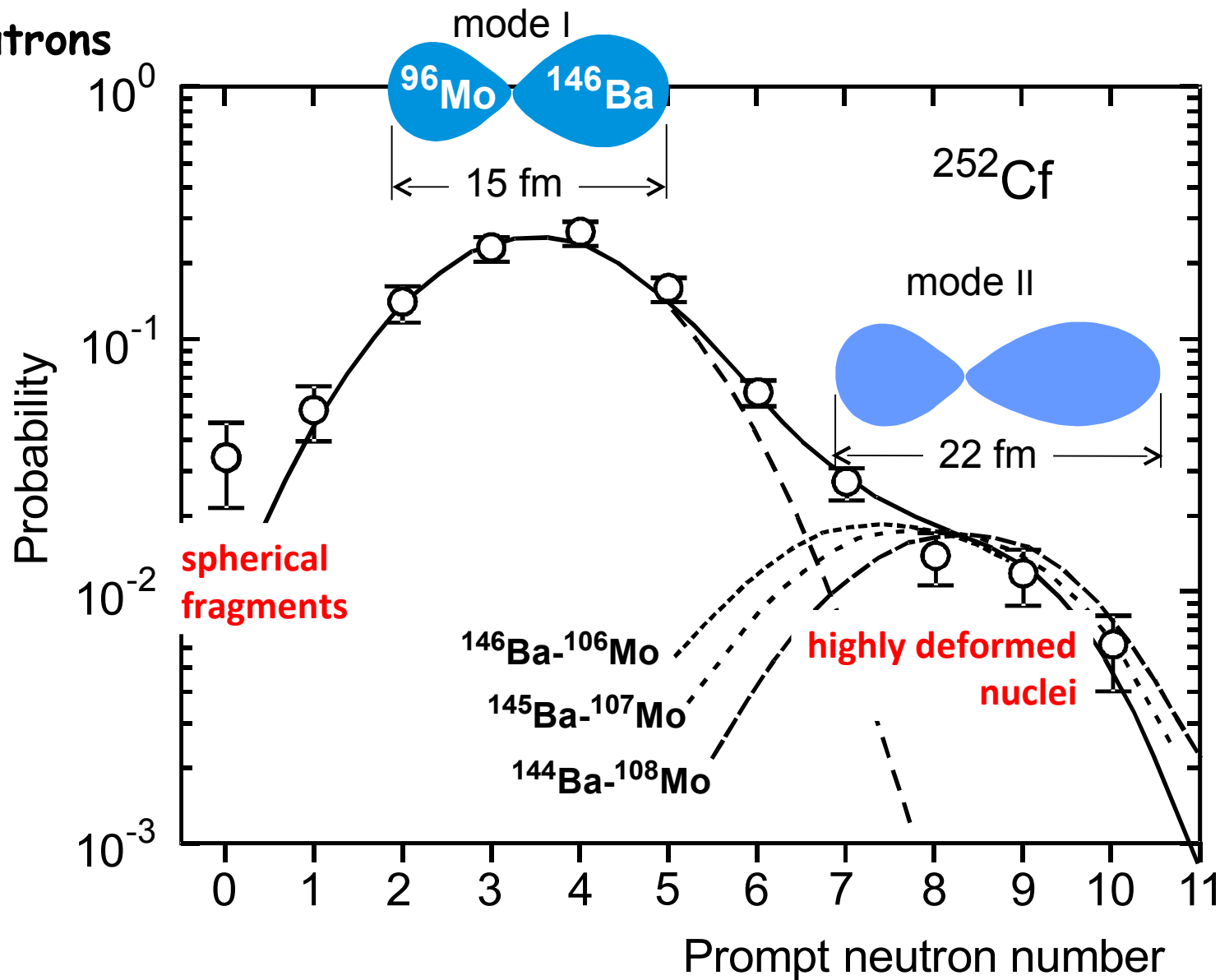


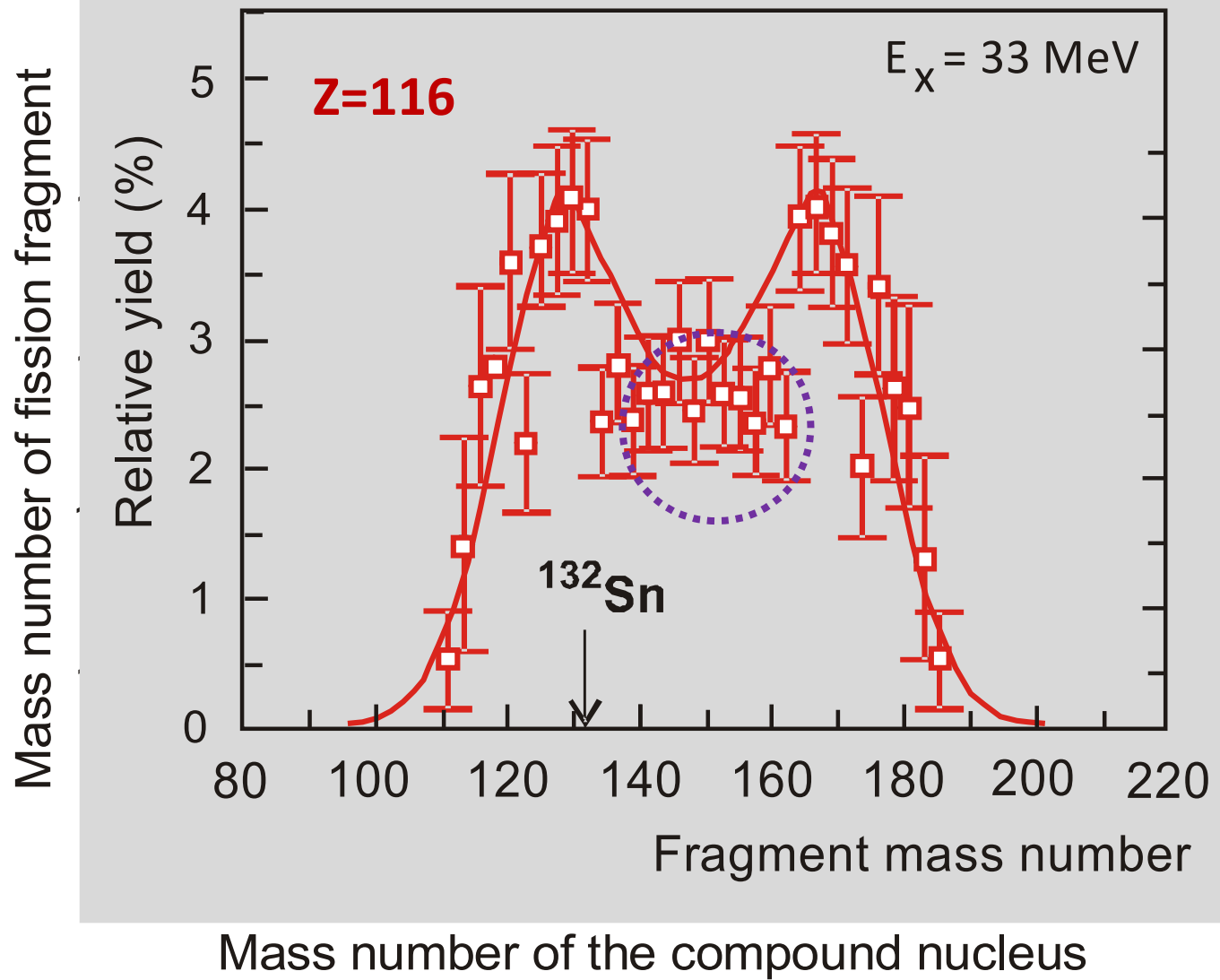
**Independent yields obtained Mo – Ba fragment pairs
(given are the numbers of pairs per 100 spontaneous fission events of ²⁵²Cf)**

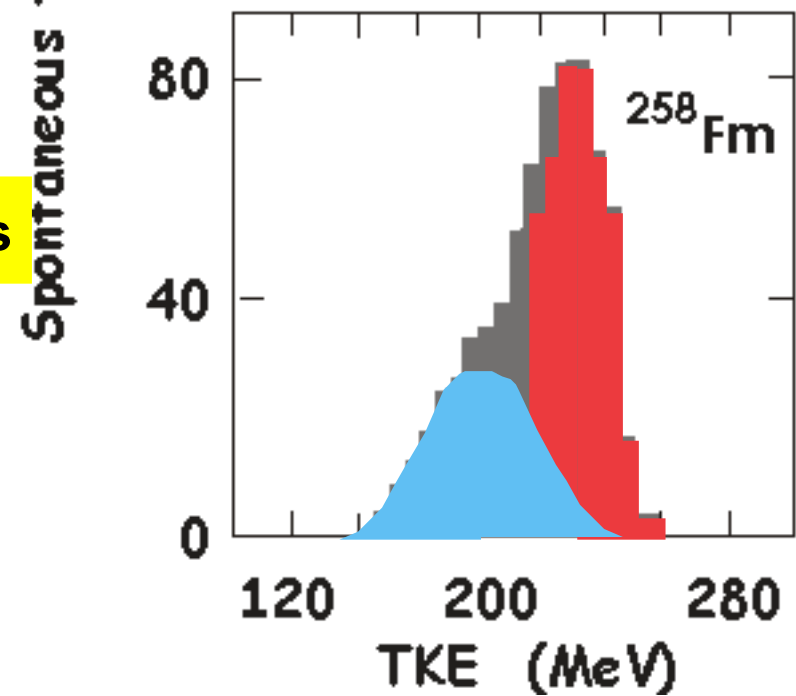
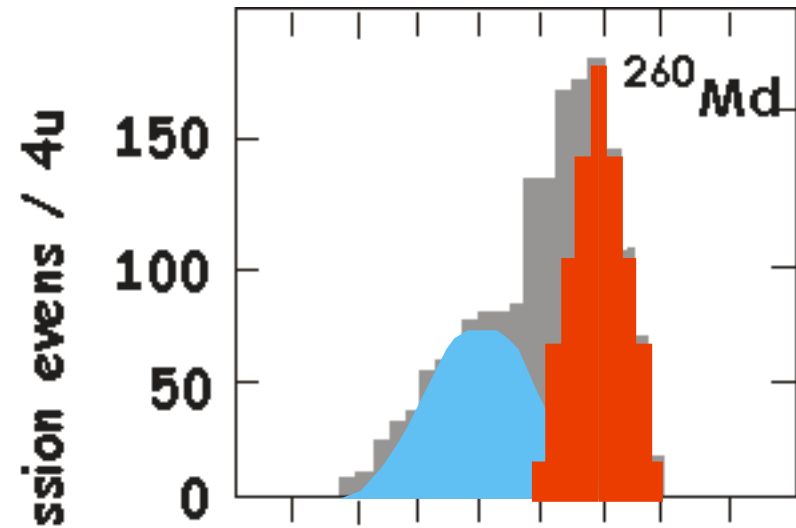
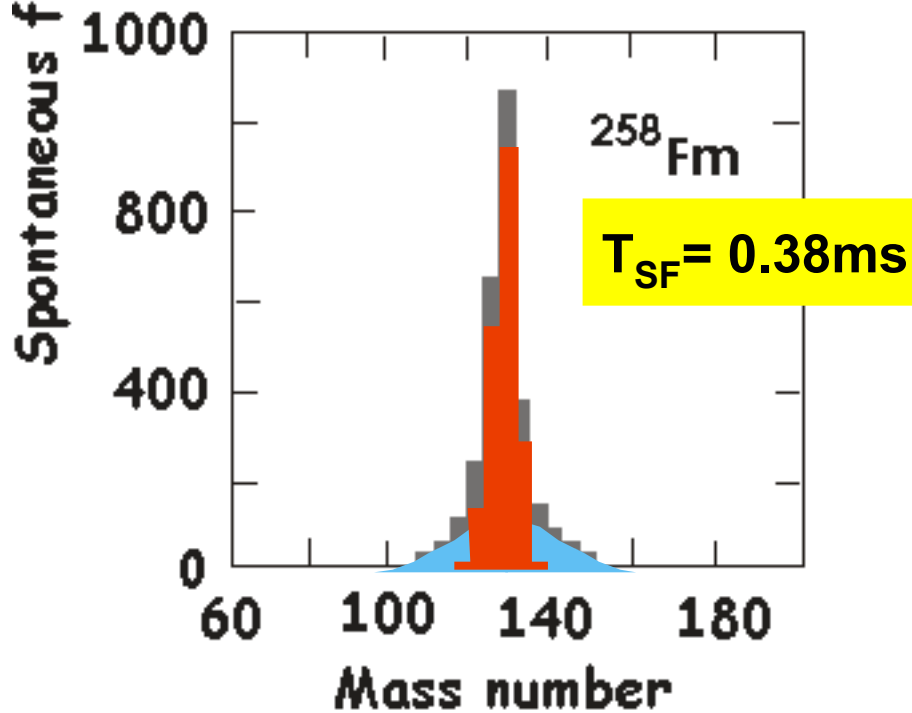
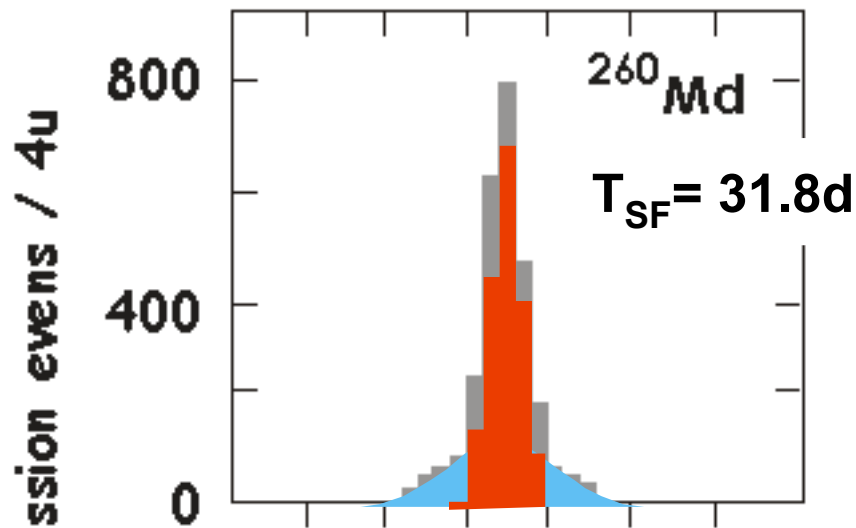
Ba	Mo	102	103	104	105	106	107	108
138				0,08(3)	0,02(2)	0,01(1)	0,02(2)	0,02(1)
140			0,05(3)	0,18(4)	0,07(5)	0,12(3)	0,12(4)	0,06(3)
141			0,07(2)	0,34(4)	0,11(4)	0,44(3)	0,11(3)	0,10(3)
142		8n	0,02(2)	0,36(4)	0,65(10)	0,92(4)	0,35(16)	0,14(5)
143		0,02(2)	0,13(9)	0,48(10)	1,05(25)	0,88(10)	0,14(8)	0,12(10)
144		0,04(3)	0,67(10)	1,14(4)	1,30(11)	0,65(4)	0,13(8)	0,06(5)
145	6n	0,09(6)	0,86(20)	0,74(15)	0,59(17)	0,16(8)	0,15(7)	
146		0,13(5)	0,46(8)	0,39(4)	0,13(7)	0,08(5)		
147	4n	0,10(7)	0,40(30)	0,23(17)	0,23(15)			
148		0,06(4)	0,12(9)	0,04(3)				
	2n							
			0n					

FISSION MODES

Prompt neutrons







Fission modes

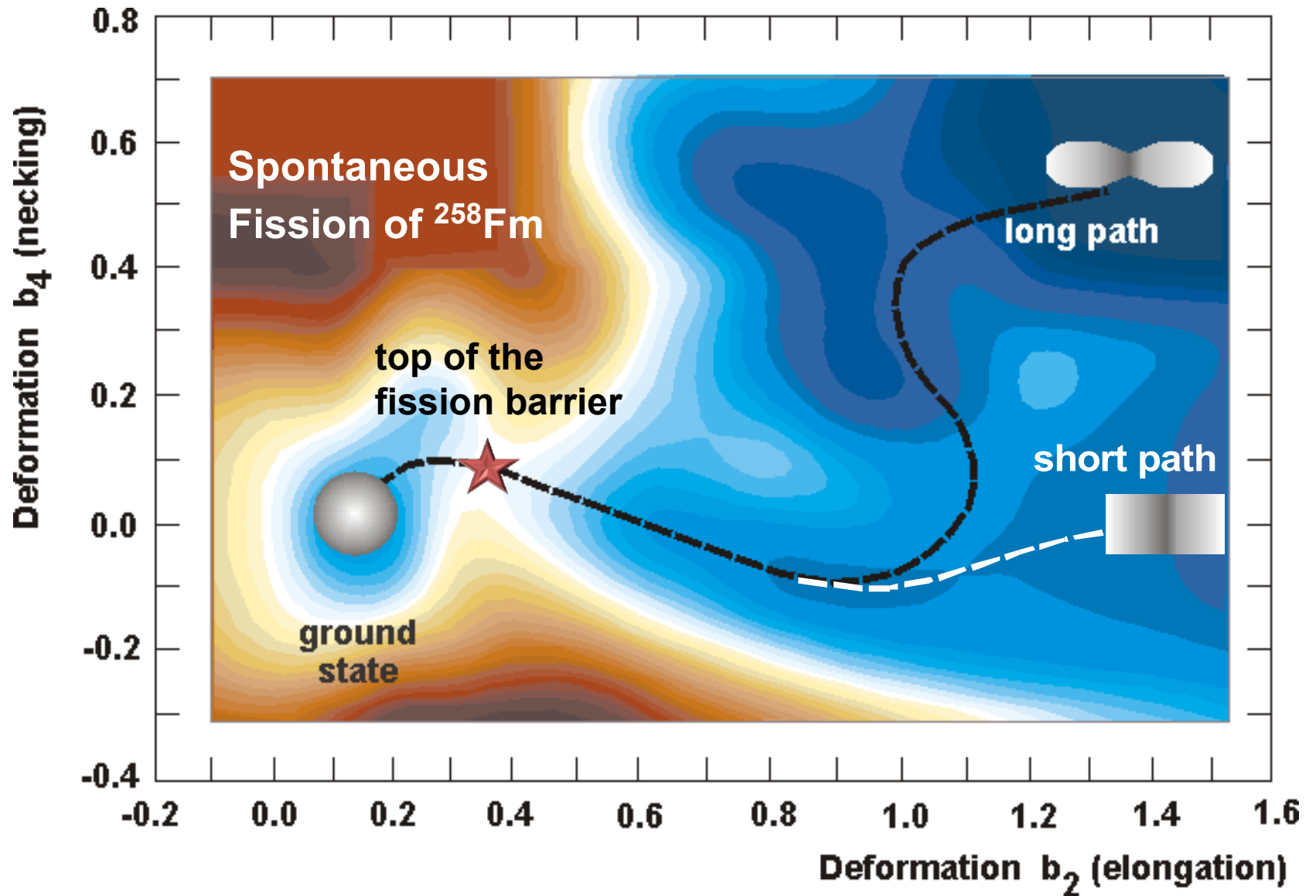
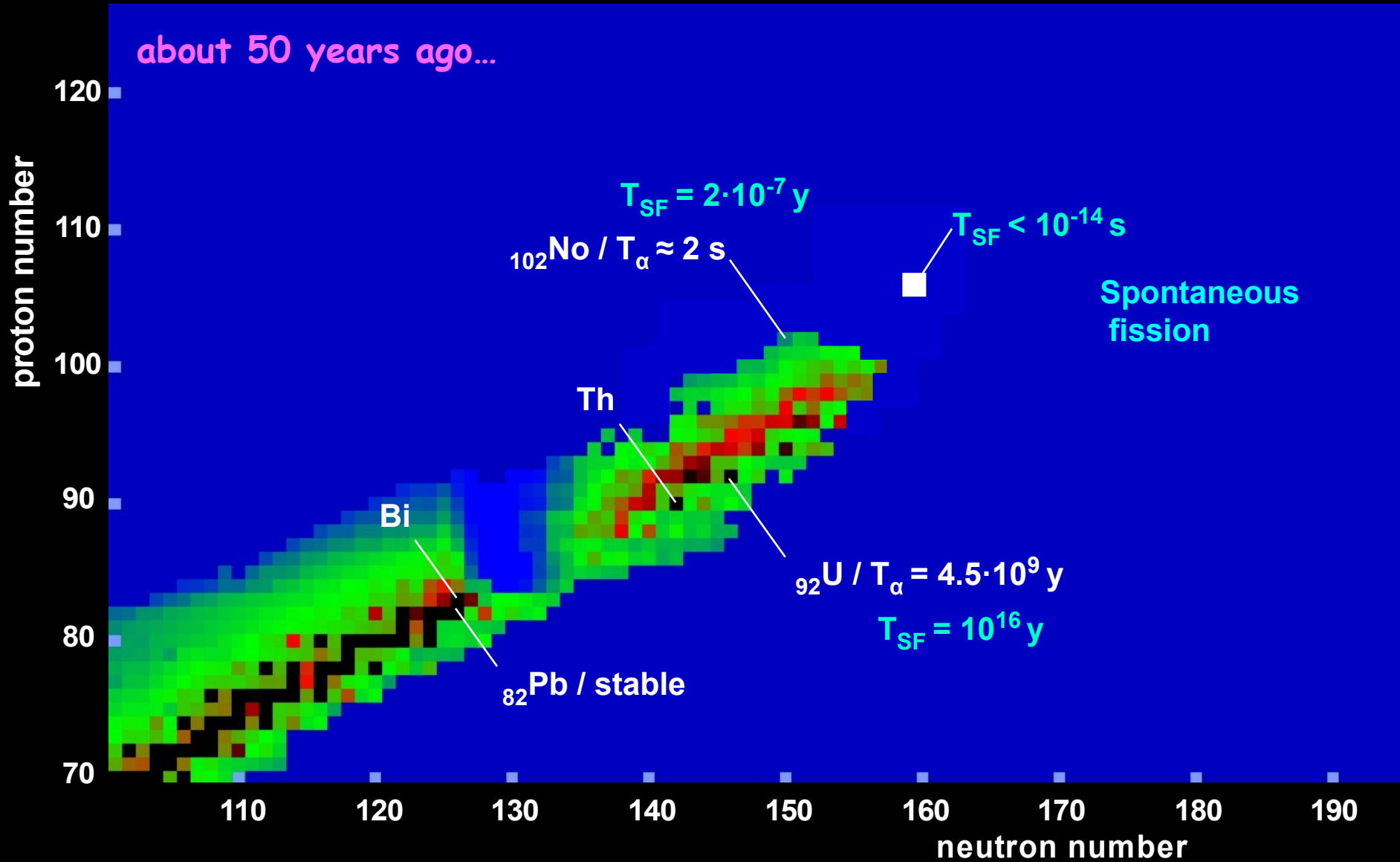


Chart of nuclides

Macroscopic theory (Liquid Drop Model)

about 50 years ago...



Spontaneous Fission

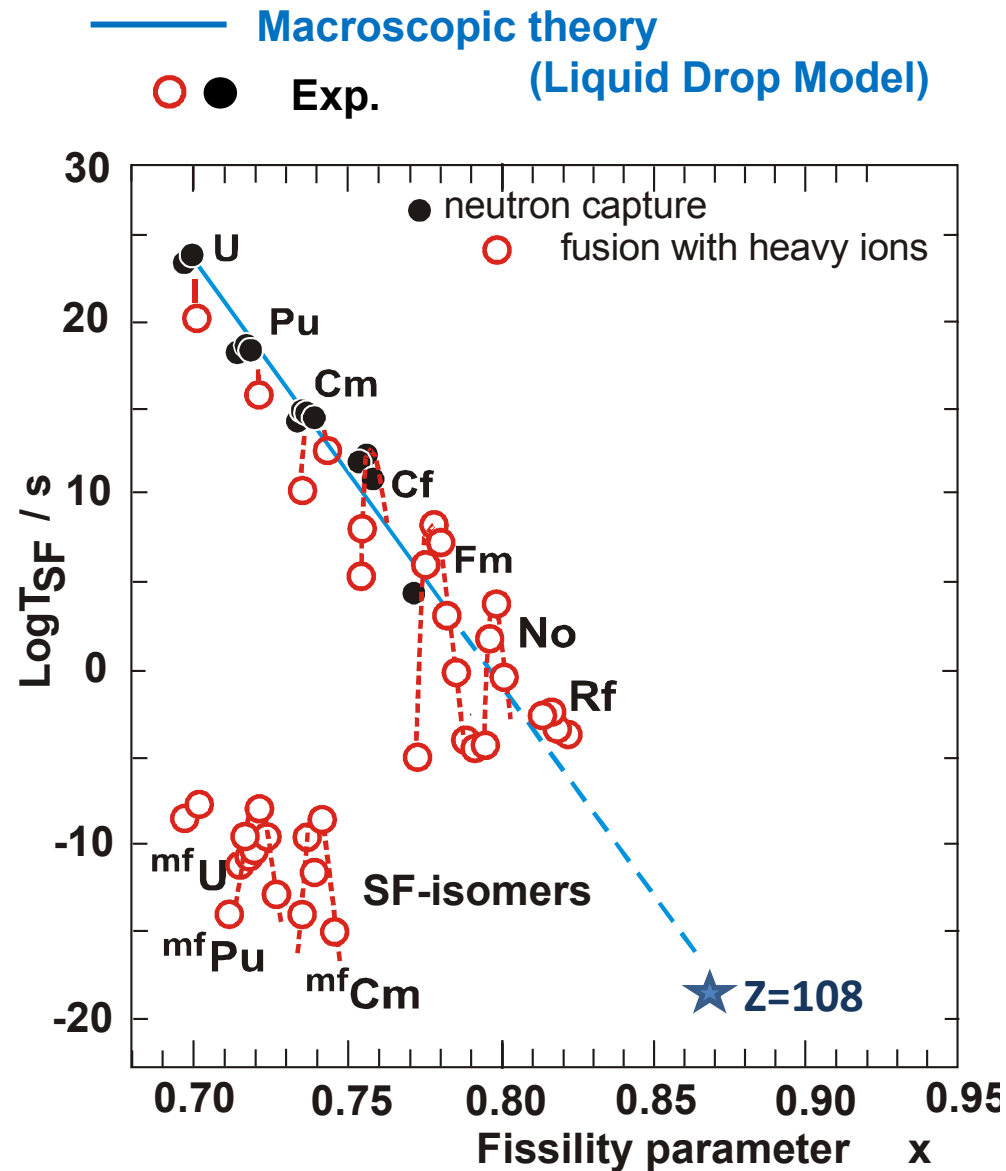
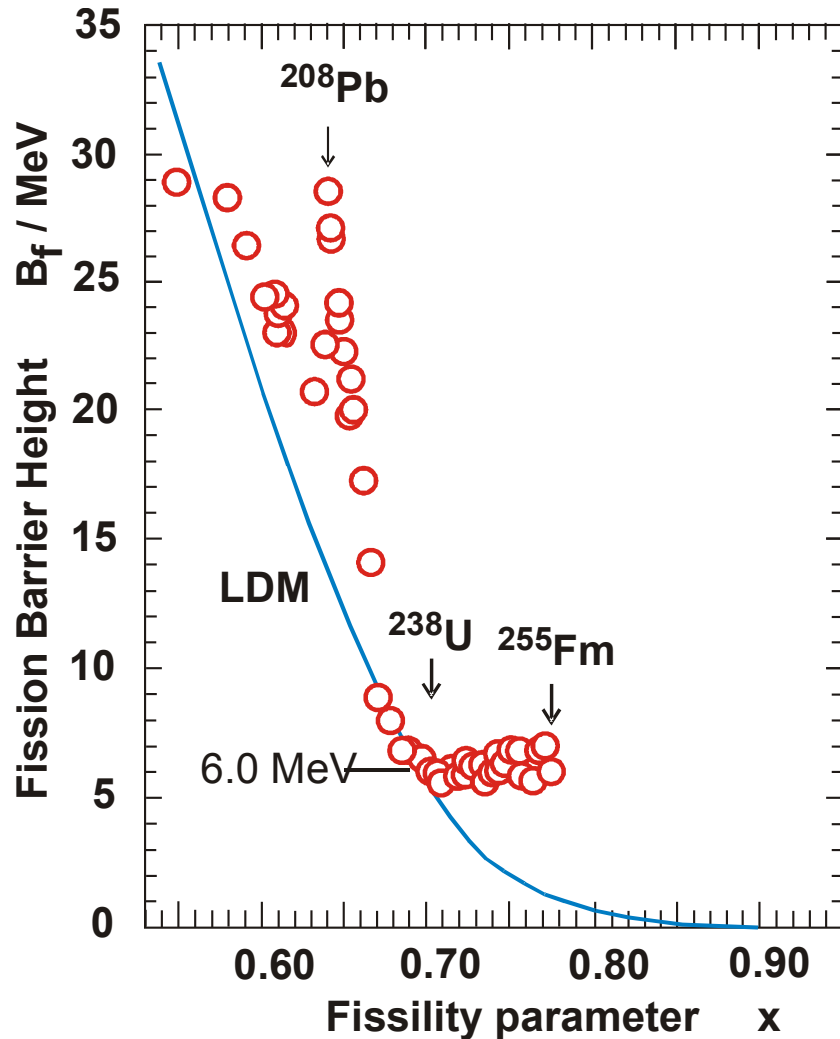
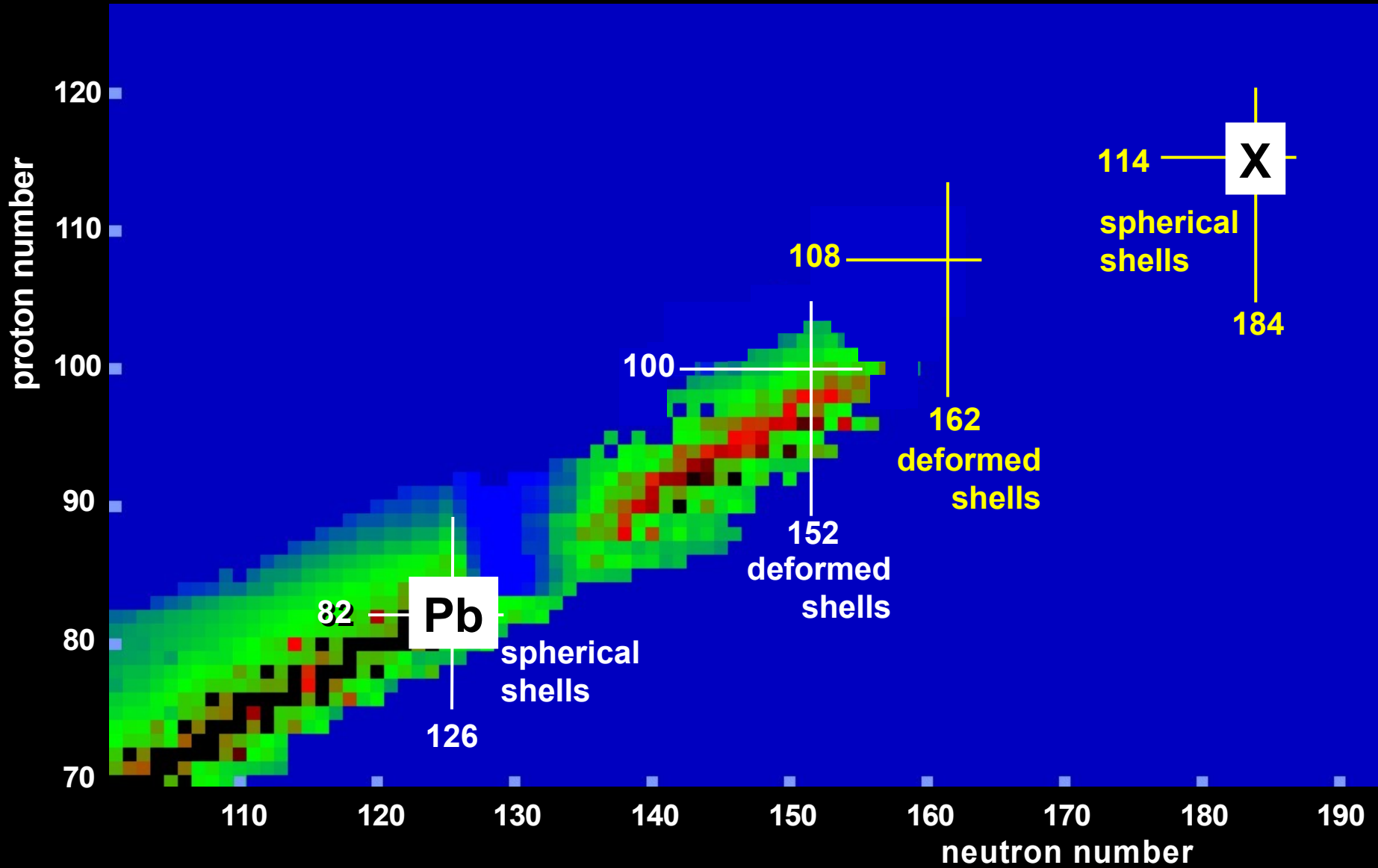
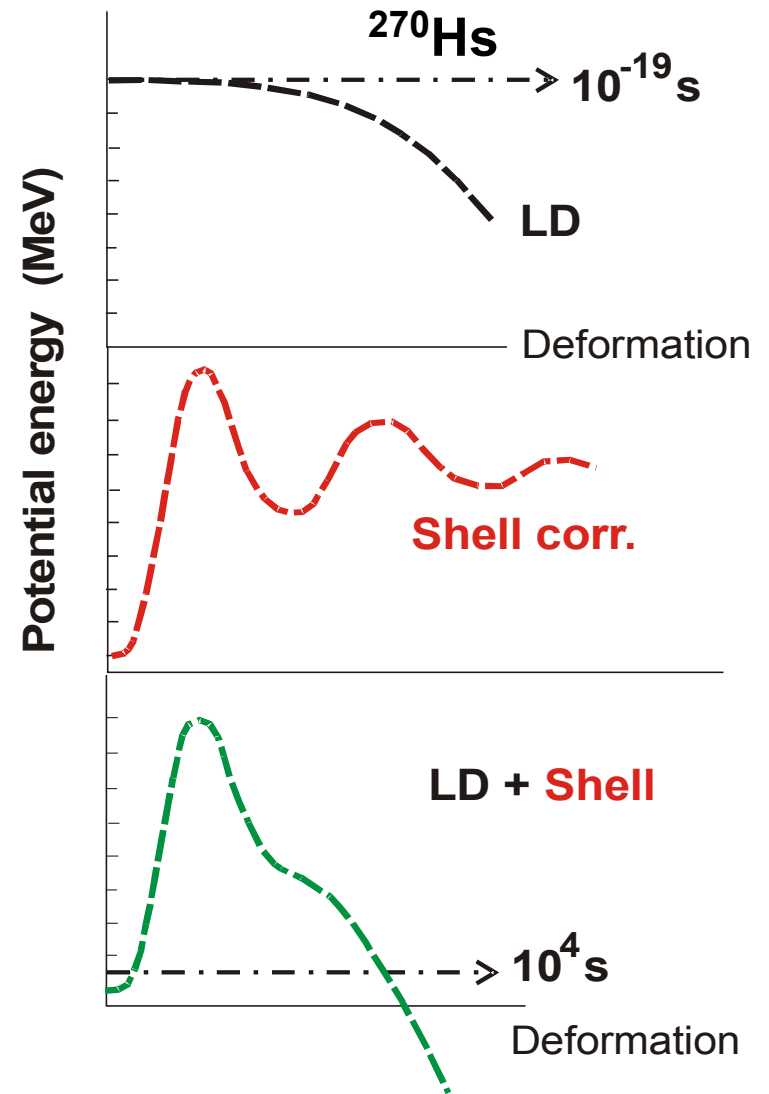
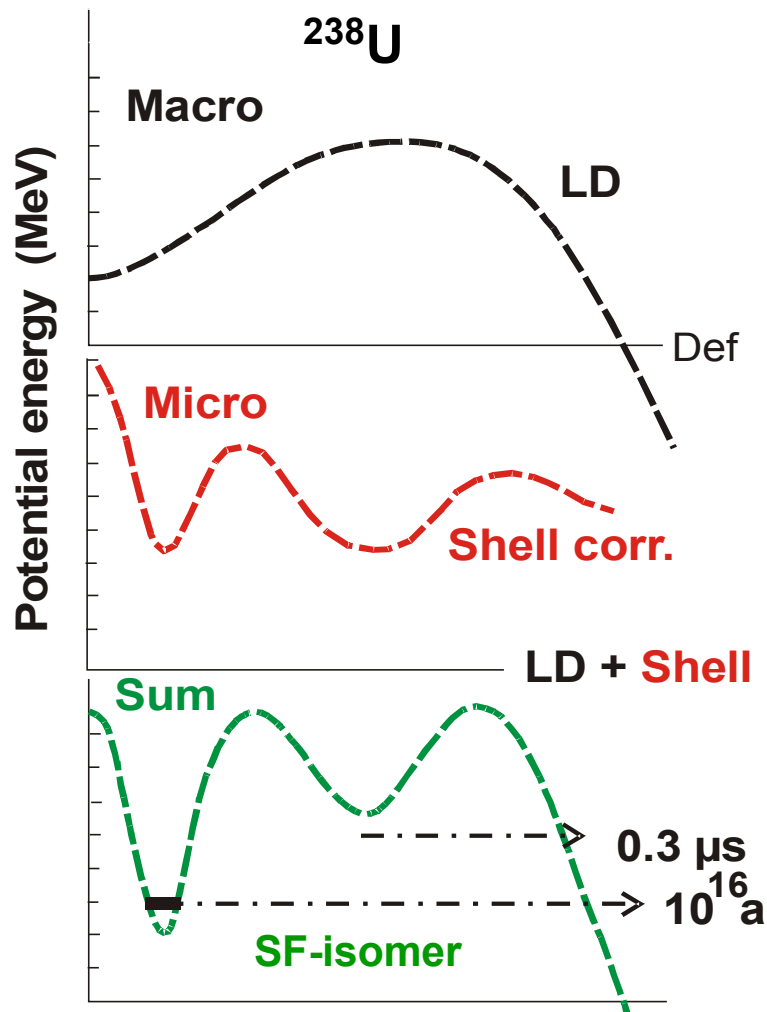


Chart of nuclides

Nuclear shells (Shell model)



Microscopic corrections to the macroscopic nuclear deformation energy

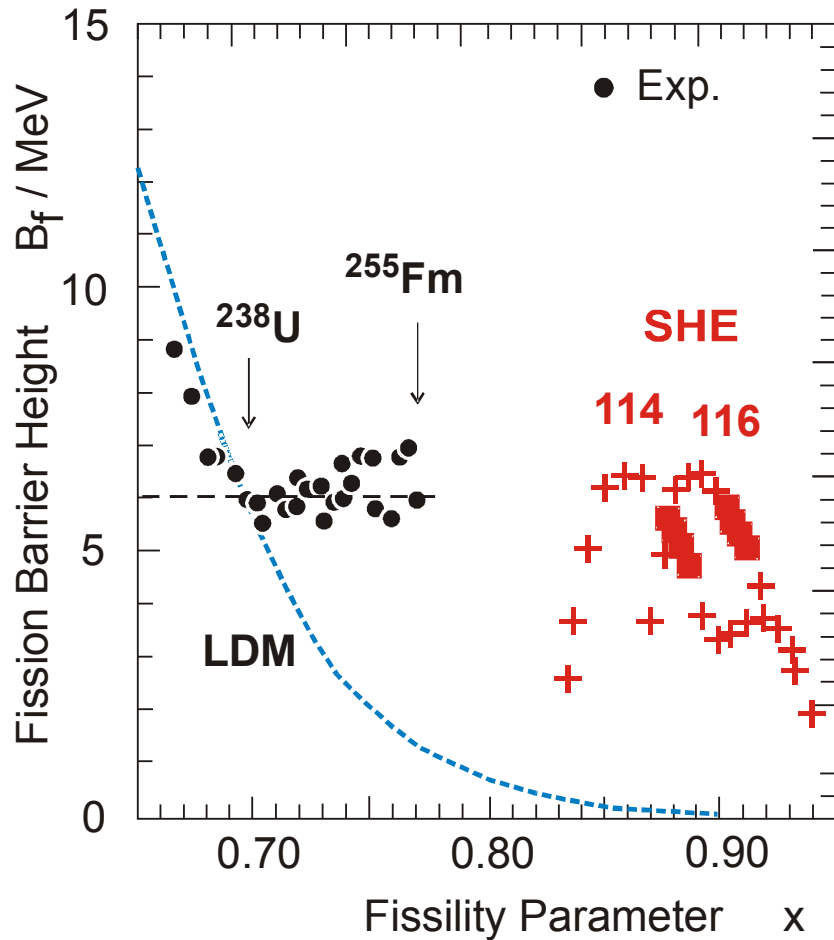


W. D. Myers, W. J. Swiatecki, *Ark Fys.* **36** (1967) 343
 M. Brack *et al.*, *Rev. Mod. Phys.* **44** (1972) 320

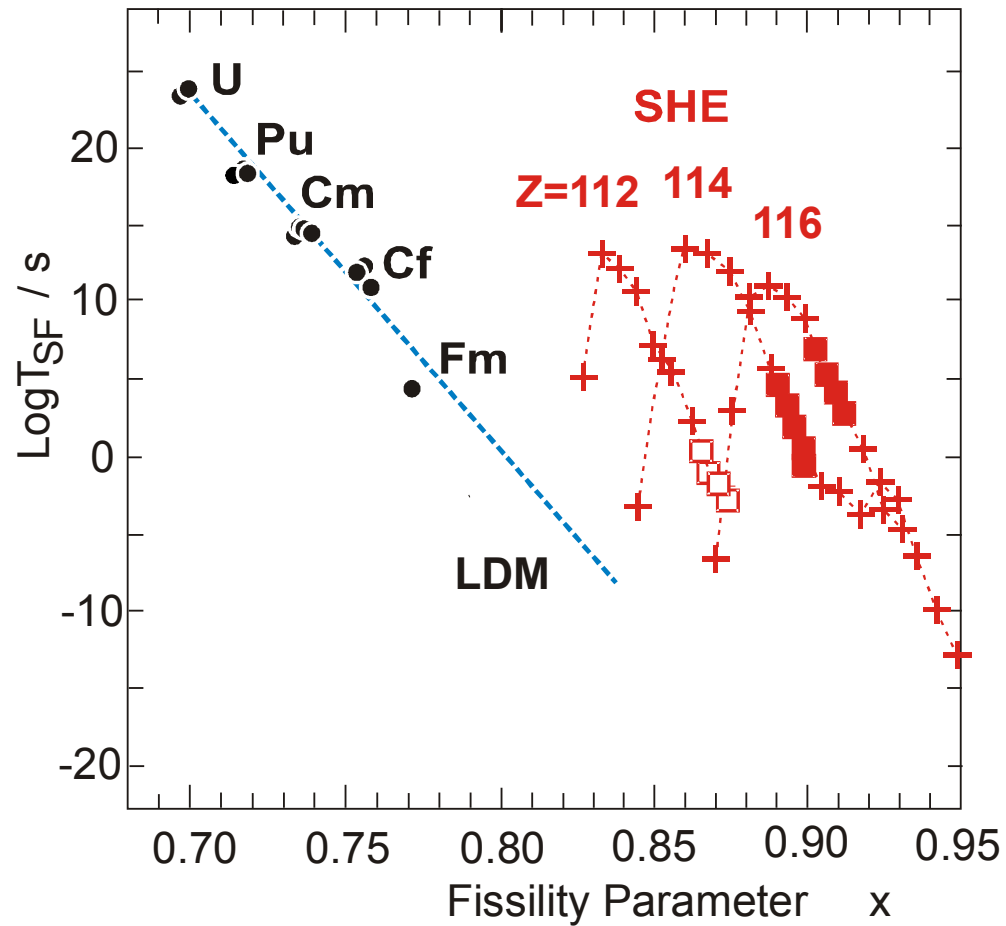
U. Mosel, W. Greiner, *Z. Phys.* **222** (1969) 261
 I. Muntian *et al.*, *Acta Phys. Pol. B* **34** (2003) 2073

Predictions of the microscopic theory

Fission Barriers

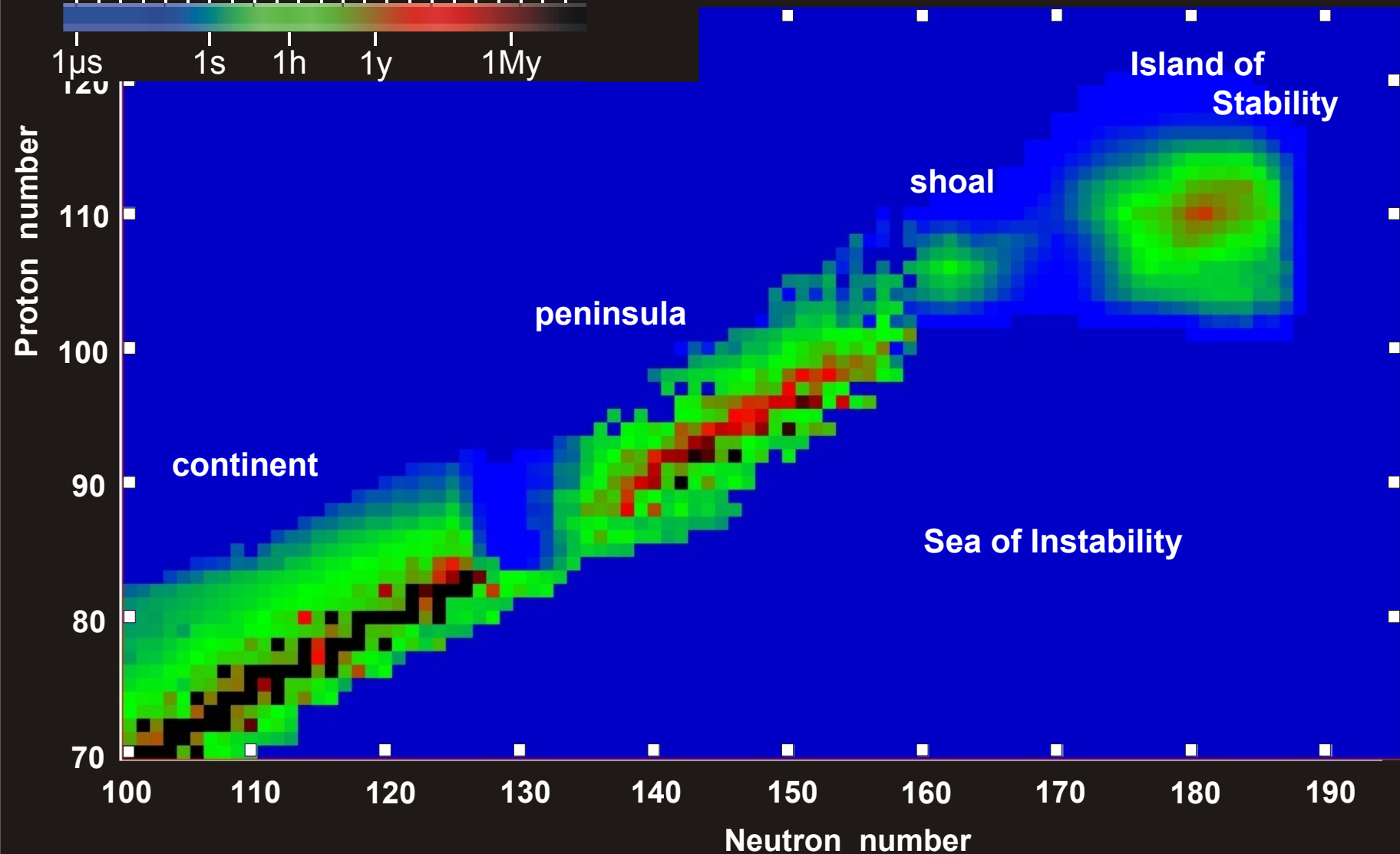
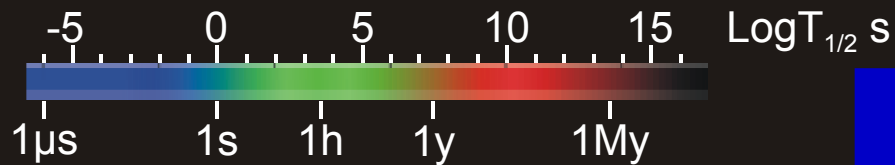


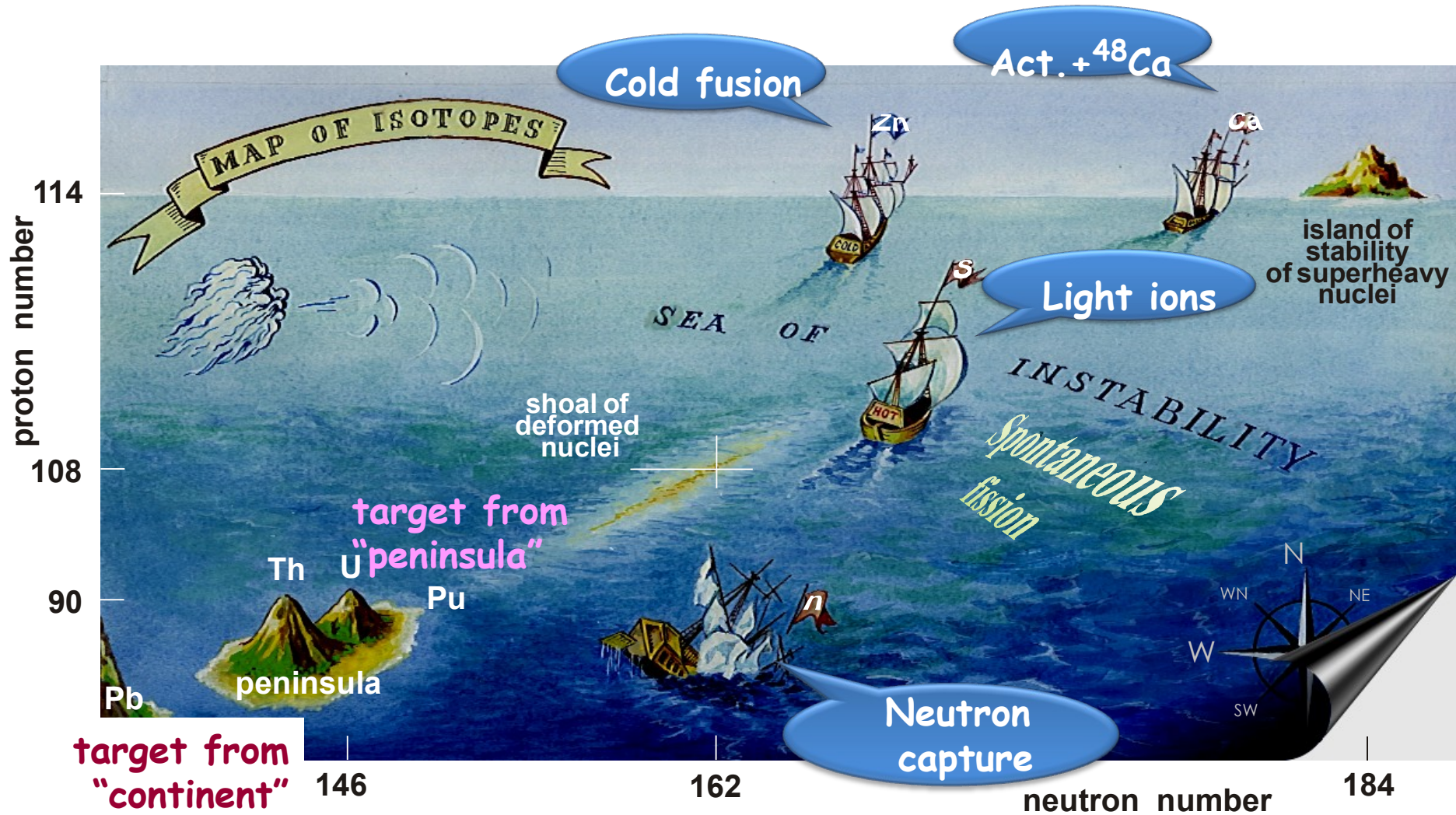
...and Half - Lives



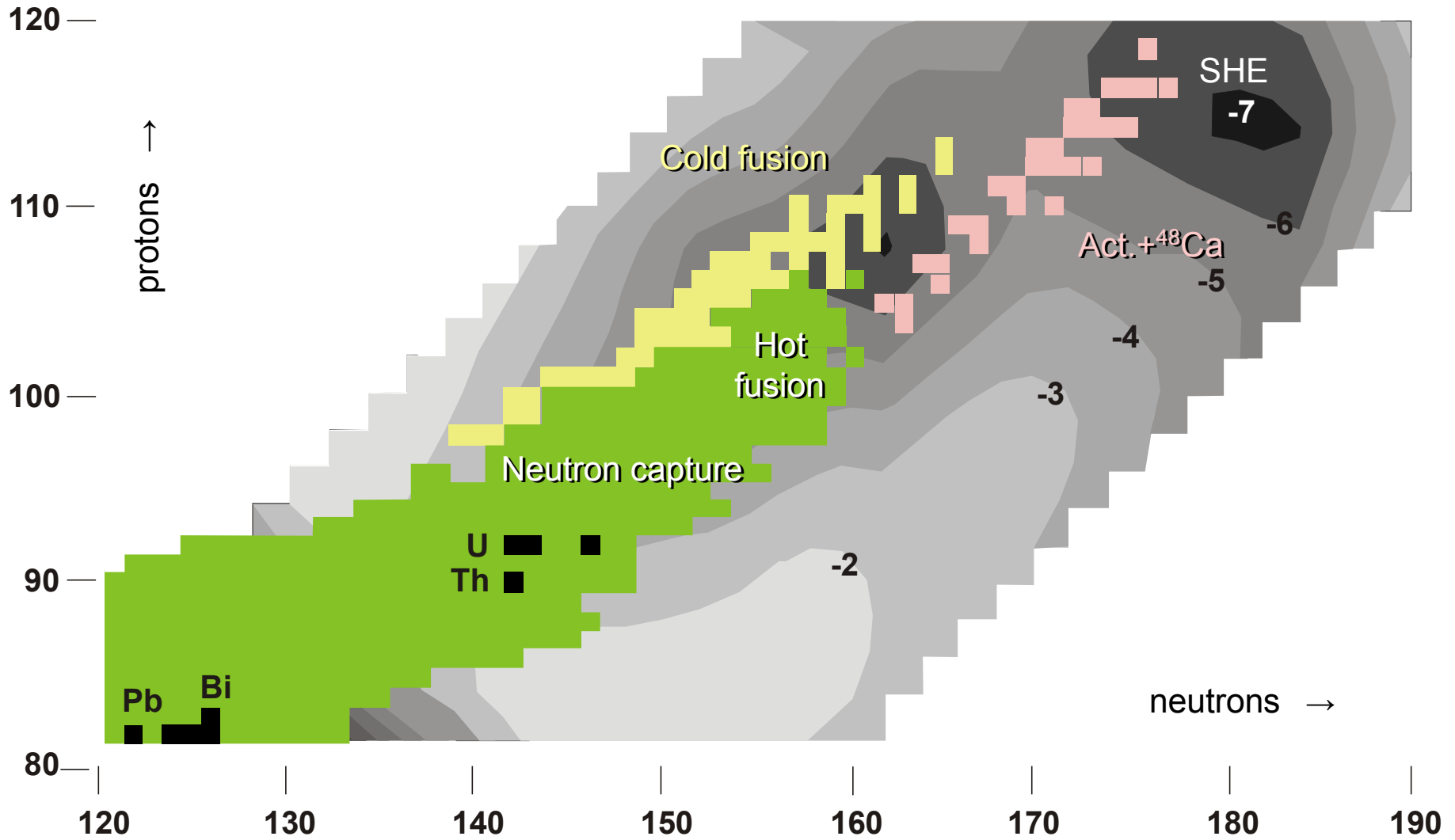
R. Smolańczuk, Phys. Rev. C **56** (1997) 812

New lands





Reactions of Synthesis



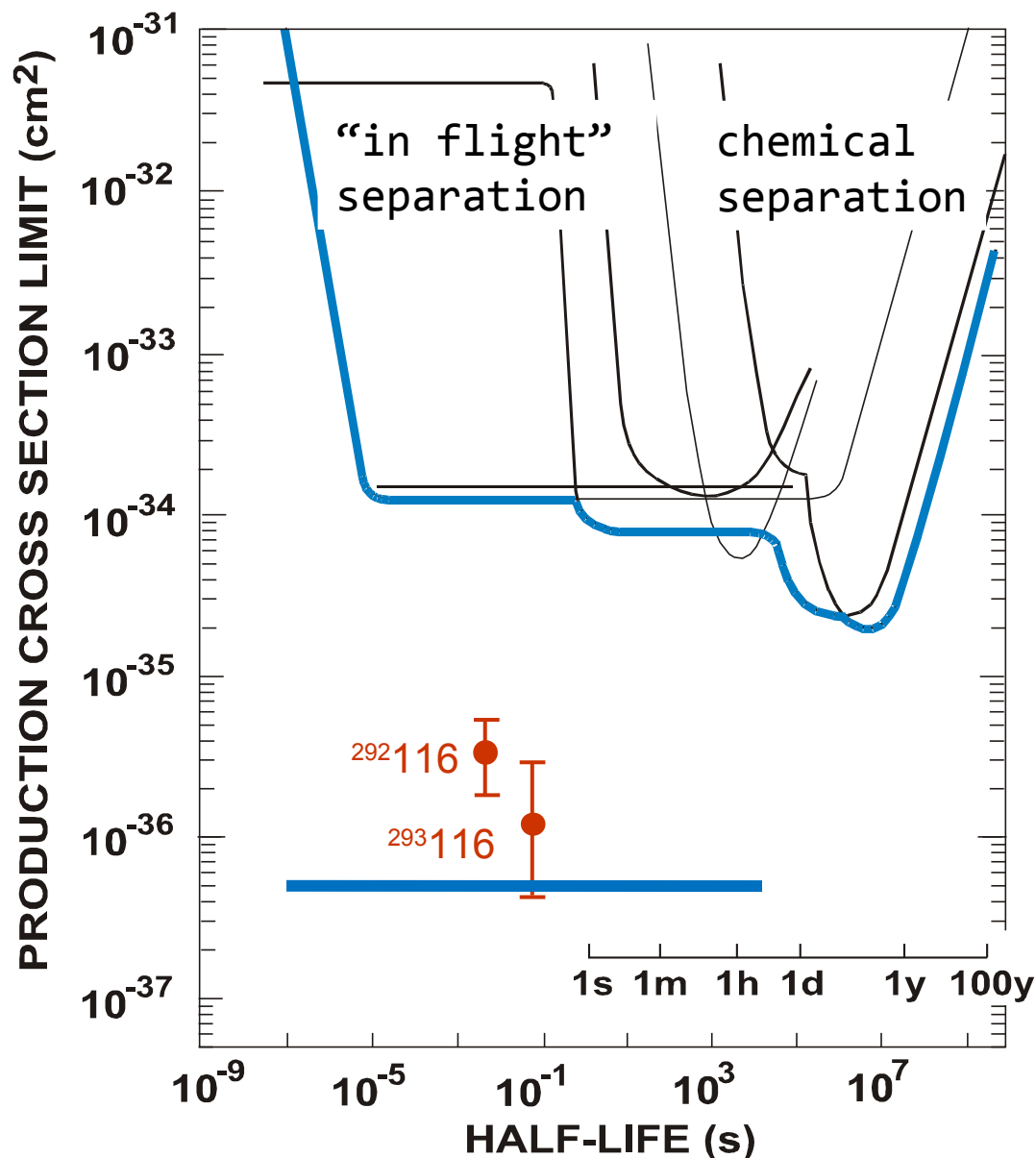
Search for Element 116 in $^{248}\text{Cm} + ^{48}\text{Ca}$ reaction

GSI, Darmstadt, Germany*
LBL, UC Berkeley, CA
Univ. of Mainz, Germany
LANL, Los Alamos, NM
EIR, Würenlingen, Switzerland

1985 →

FLNR, Dubna
LLNL, Livermore, CA

2000 →



Talk at the Meeting of RAS, Nov., 2000

Decay chains

proton number

118
116
114

$^{244}\text{Pu}, ^{248}\text{Cm} + ^{48}\text{Ca}$

Z=116

116/292 18 ms 10.66	116/293 61 ms 10.54
----------------------------------	----------------------------------

0.06 s

114

114/288 0.8 s 9.94	114/289 2.6 s 9.82
---------------------------------	---------------------------------

2.5 s

114

113/278 0.24 ms 11.60
112/277 0.69 ms 11.45

0.7 ms

112

112/284 0.1 s 11.15	112/285 29 s 9.15
----------------------------------	--------------------------------

0.5 min

110

110/281 11.1 s

11s

184

110

108

106

104

170 μs

neutron number

160

162

164

166

168

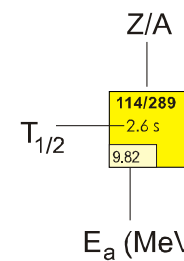
170

172

174

176

178



- α α
- EC EC
- SF SF

Yu. Oganessian 2011

CONFIRMATIONS

2007-2010

Yu. Oganessian 2011

A/Z	Setup	Laboratory	Publications
²⁸³ 112	SHIP	GSI Darmstadt	Eur. Phys. A32, 251 (2007)
²⁸³ 112	COLD	PSI-FLNR (JINR)	NATURE 447, 72 (2007)
^{286, 287} 114	BGS	LRNL (Berkeley)	P.R. Lett. 103, 132502 (2009)
^{288, 289} 114	TASCA	GSI – Mainz	P.R. Lett. 104, 252701 (2010)
^{292, 293} 116	SHIP	GSI Darmstadt	Eur. Phys. (to be published)

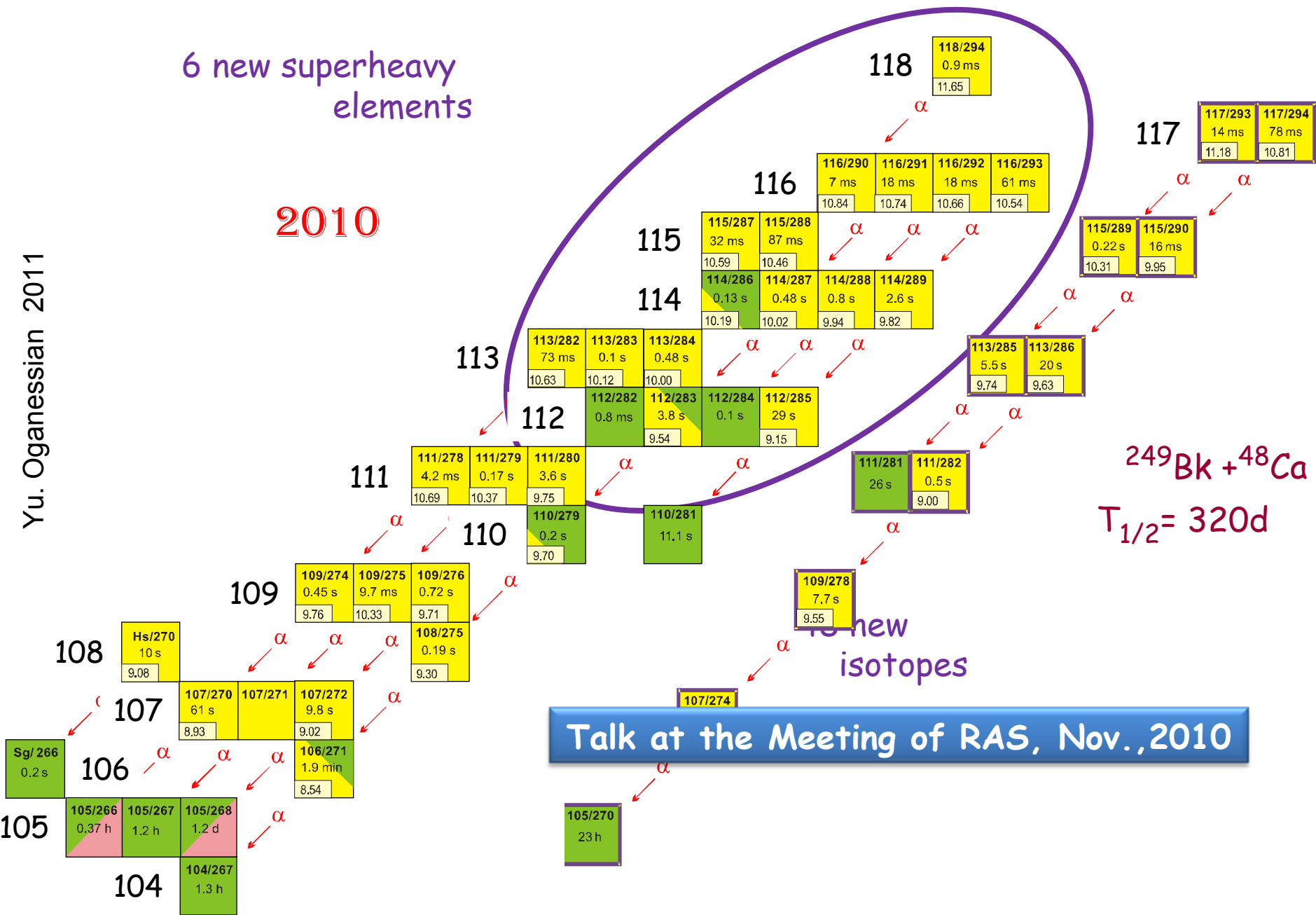
Synthesis of SHE
with ^{48}Ca -induced
reactions

10 years

6 new superheavy elements

2010

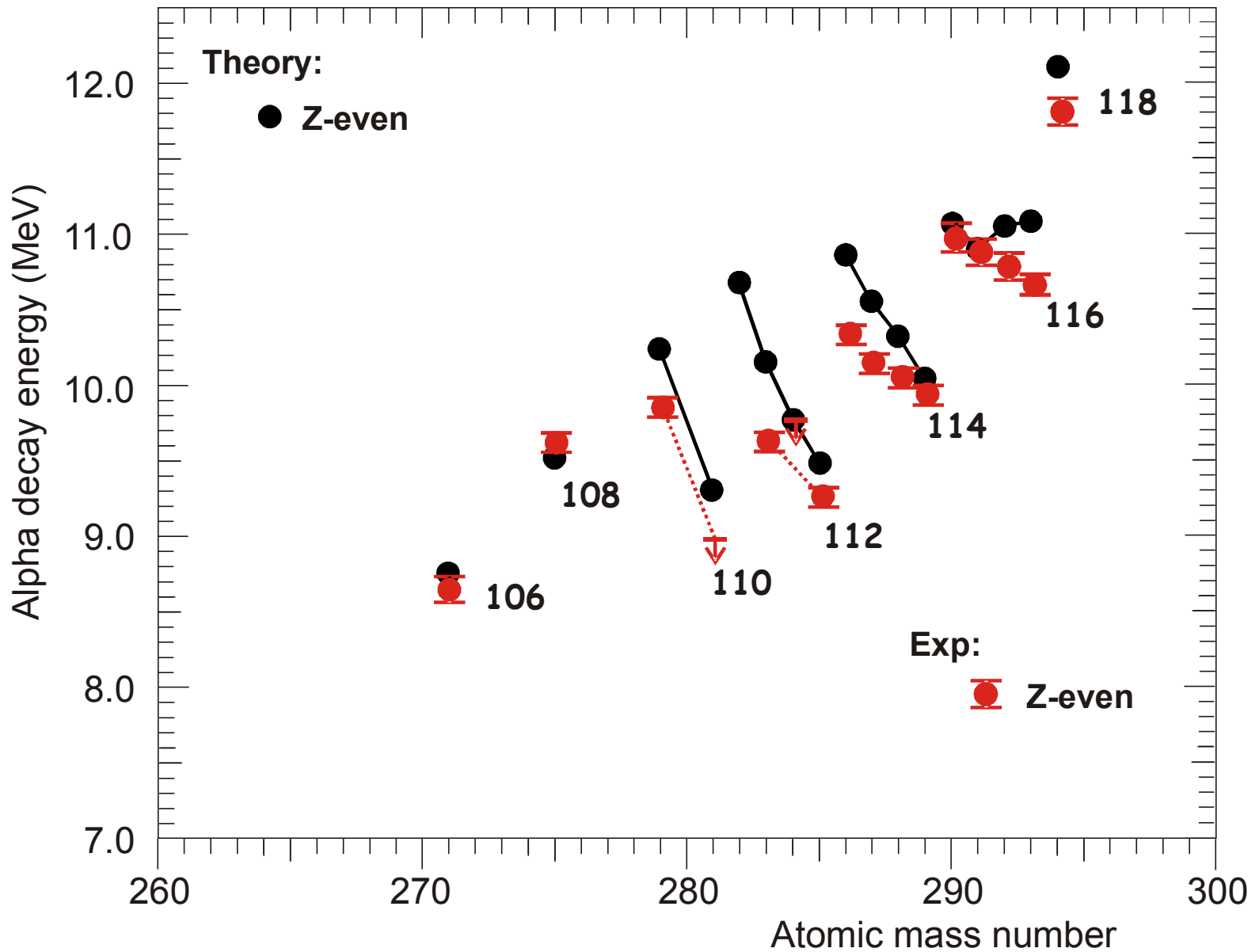
Yu. Oganessian 2011

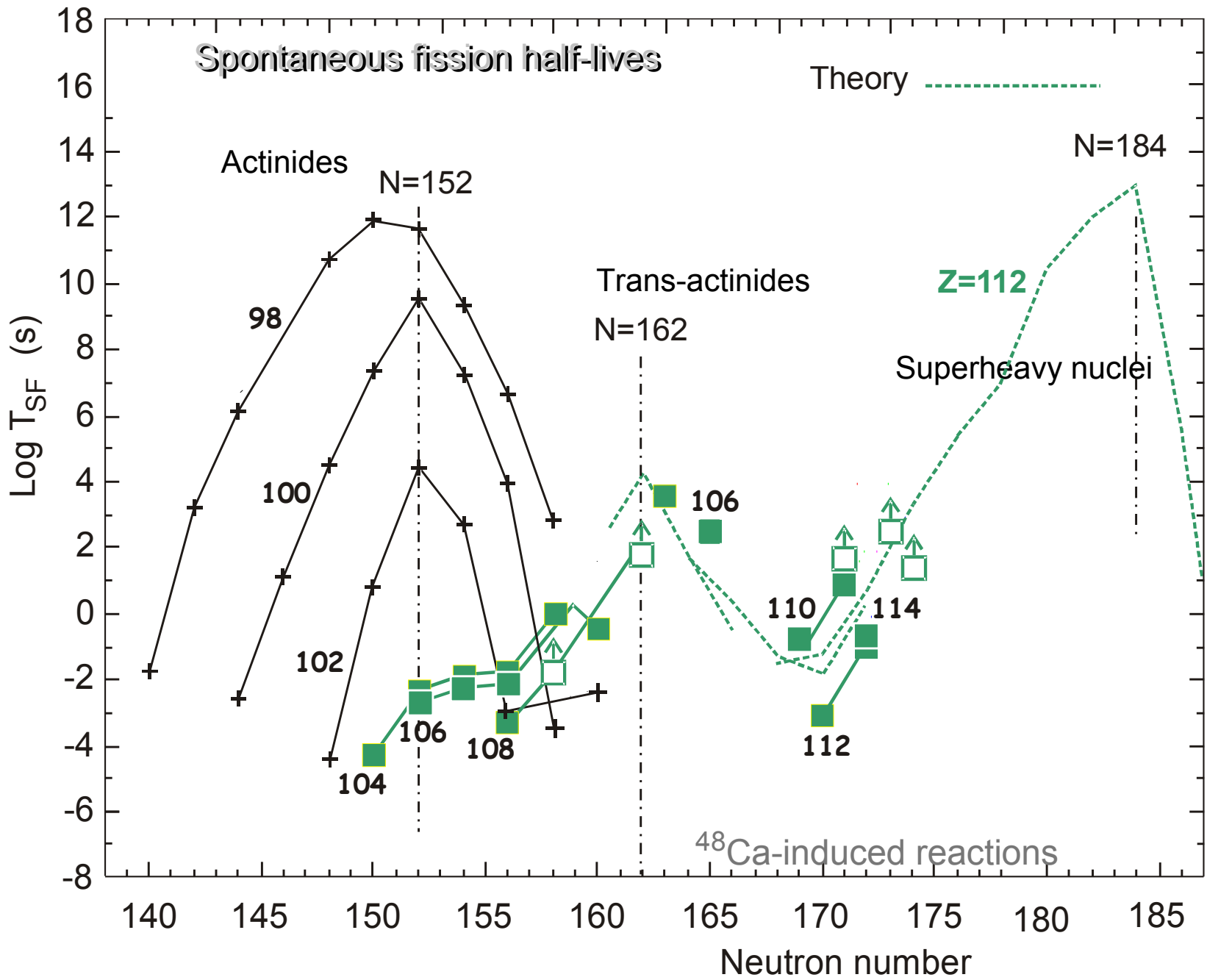


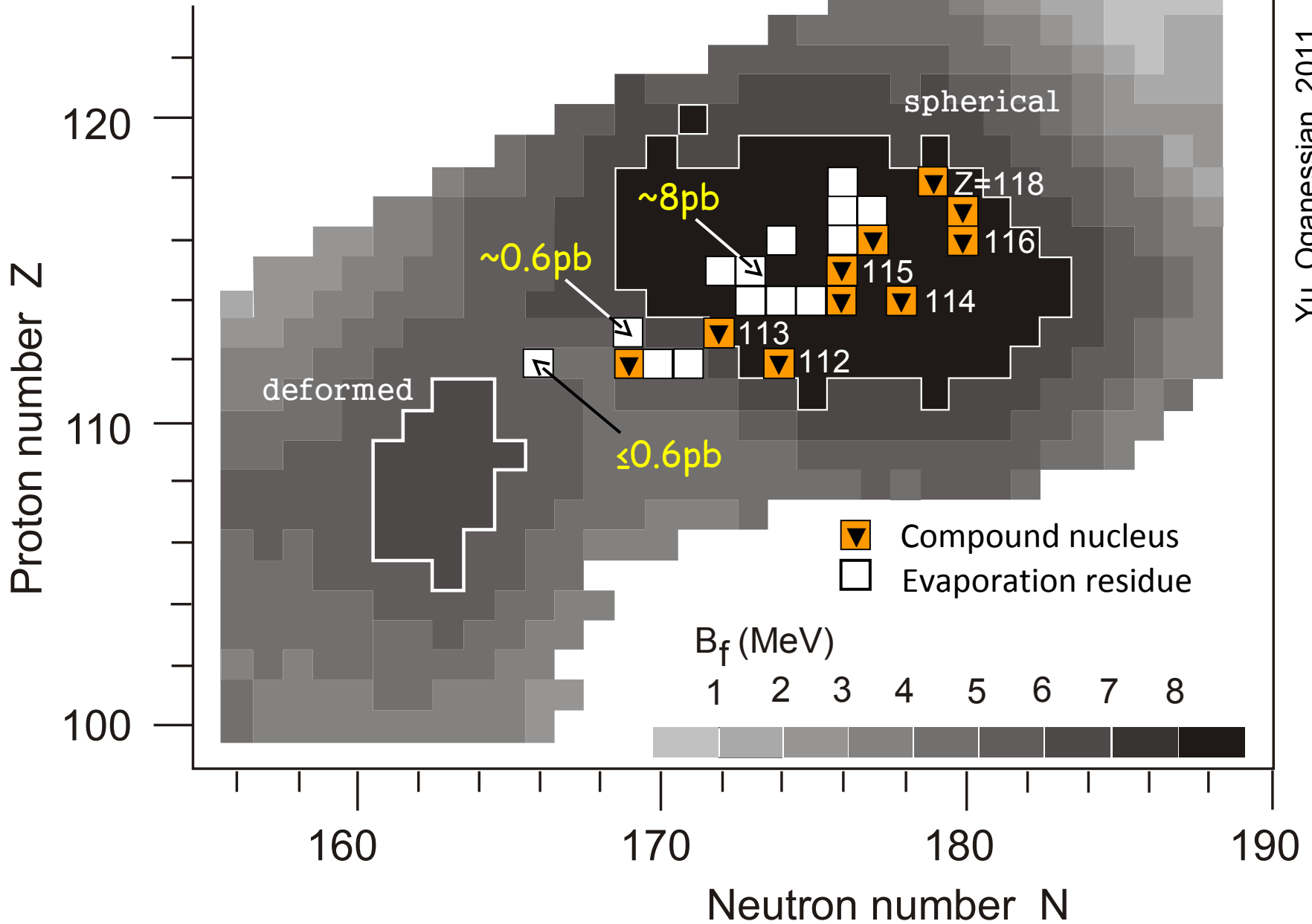
Decay Properties of SHE:

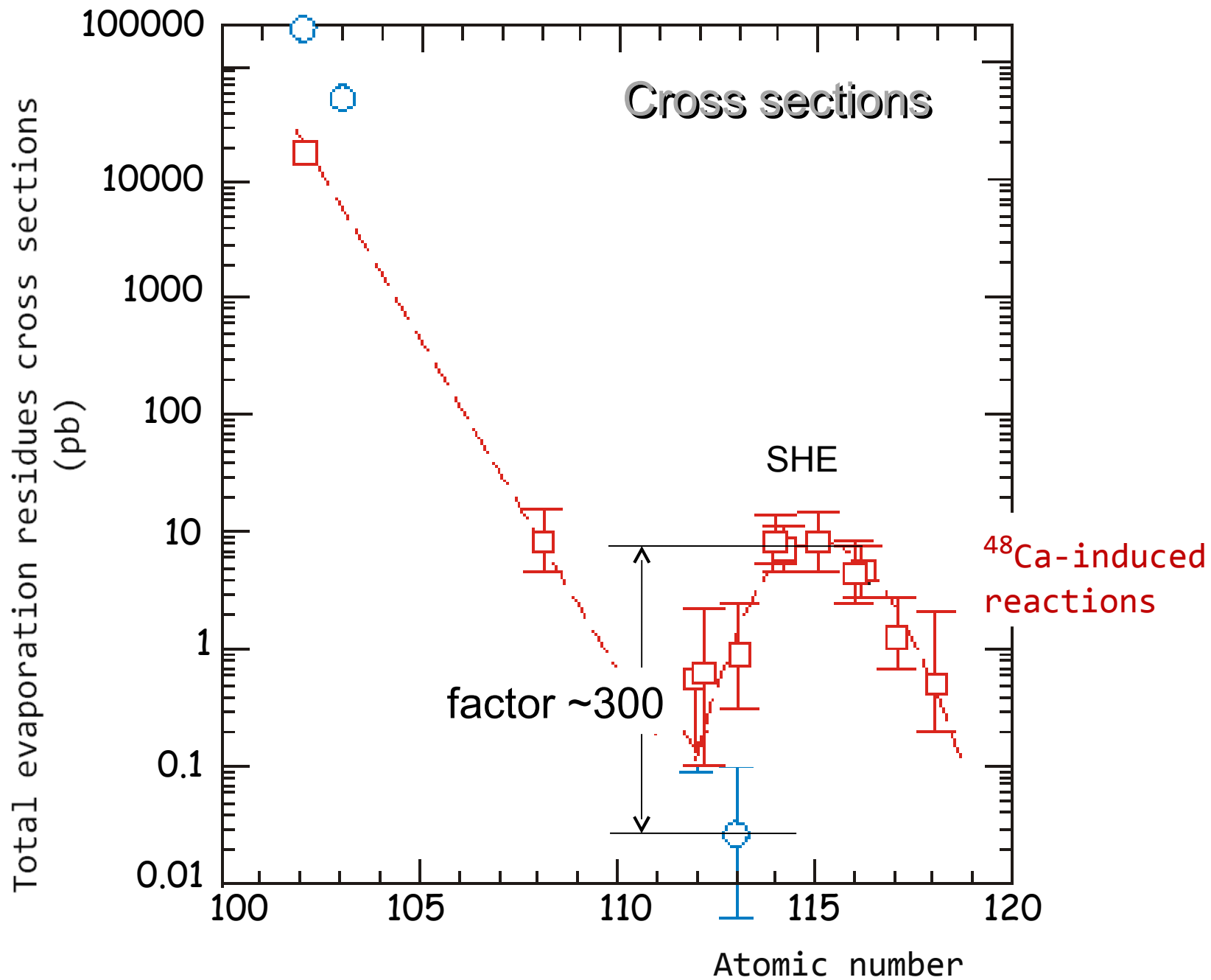
expected & obtained

Alpha-decay







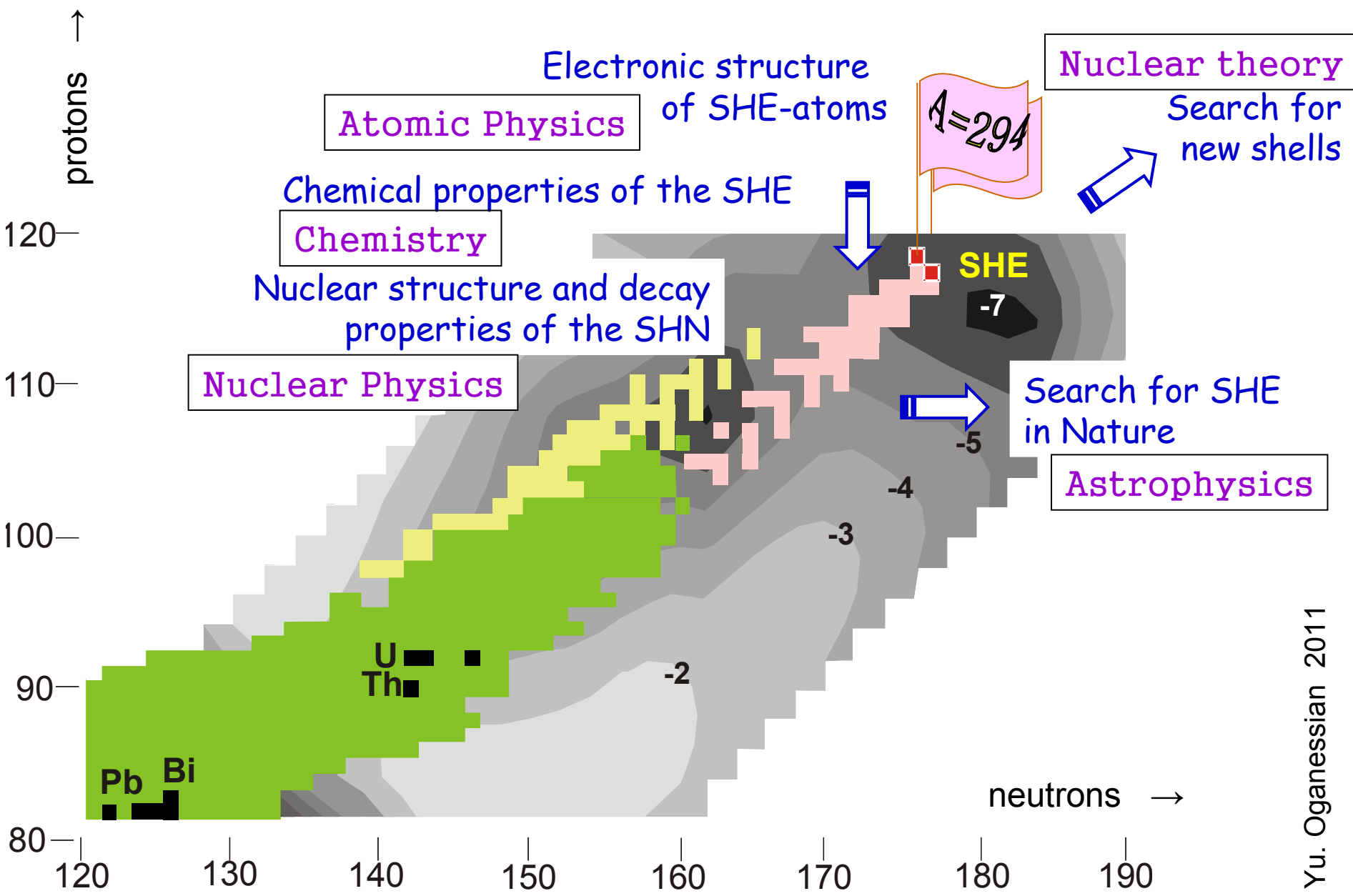


With $Z > 40\%$ larger than that of Bi, the heaviest stable element, we see an impressive extension in nuclear survival.

Although SHN are at the limits of Coulomb stability,

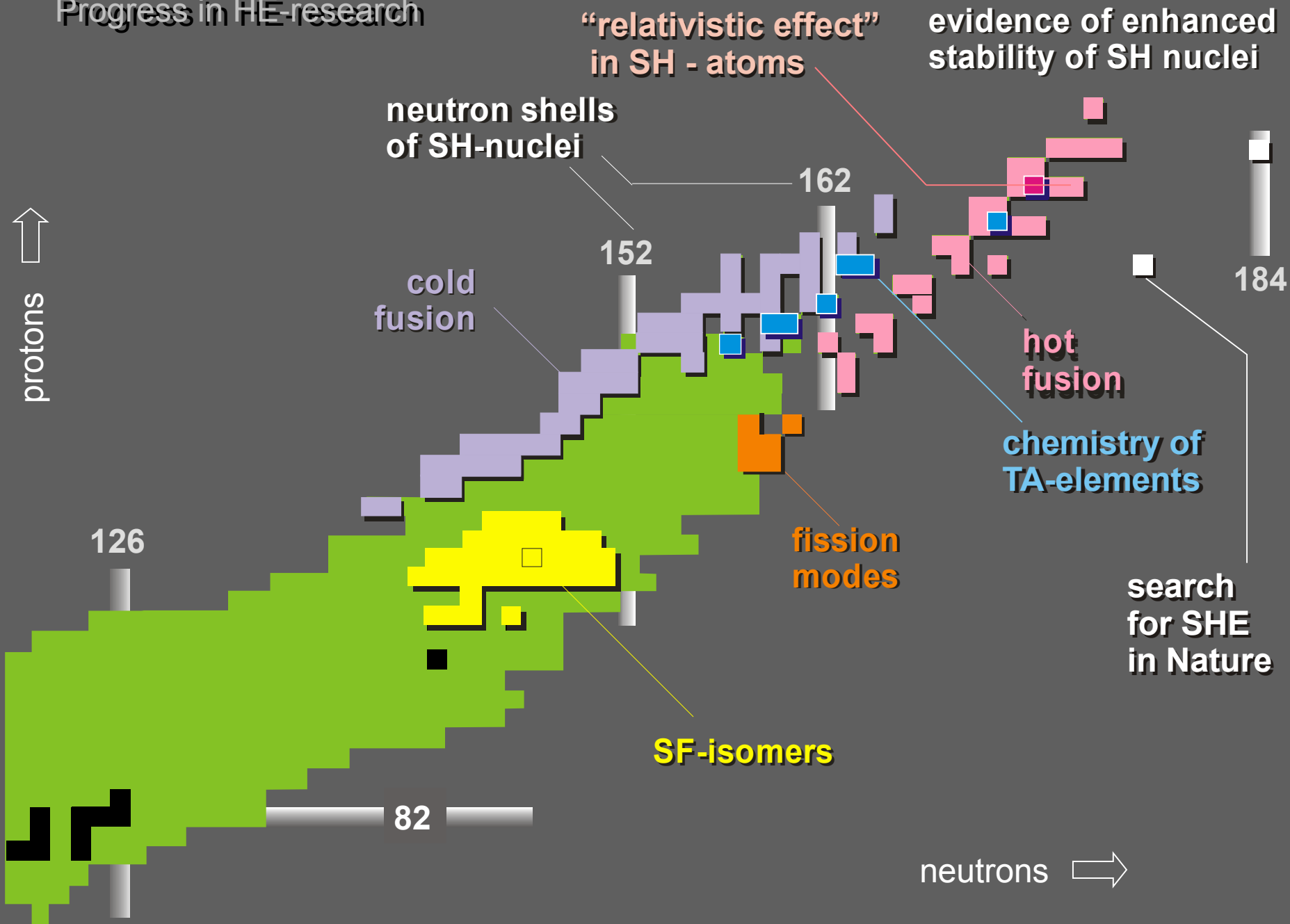
- shell stabilization lowers ground-state energy,
- creates a fission barrier,
- and thereby enables SHN to exist.

**The fundamentals of the modern theory
for mass limits of nuclear matter
were given experimental verification.**



Yu. Oganessian 2011

Progress in HE-research



Thank you.