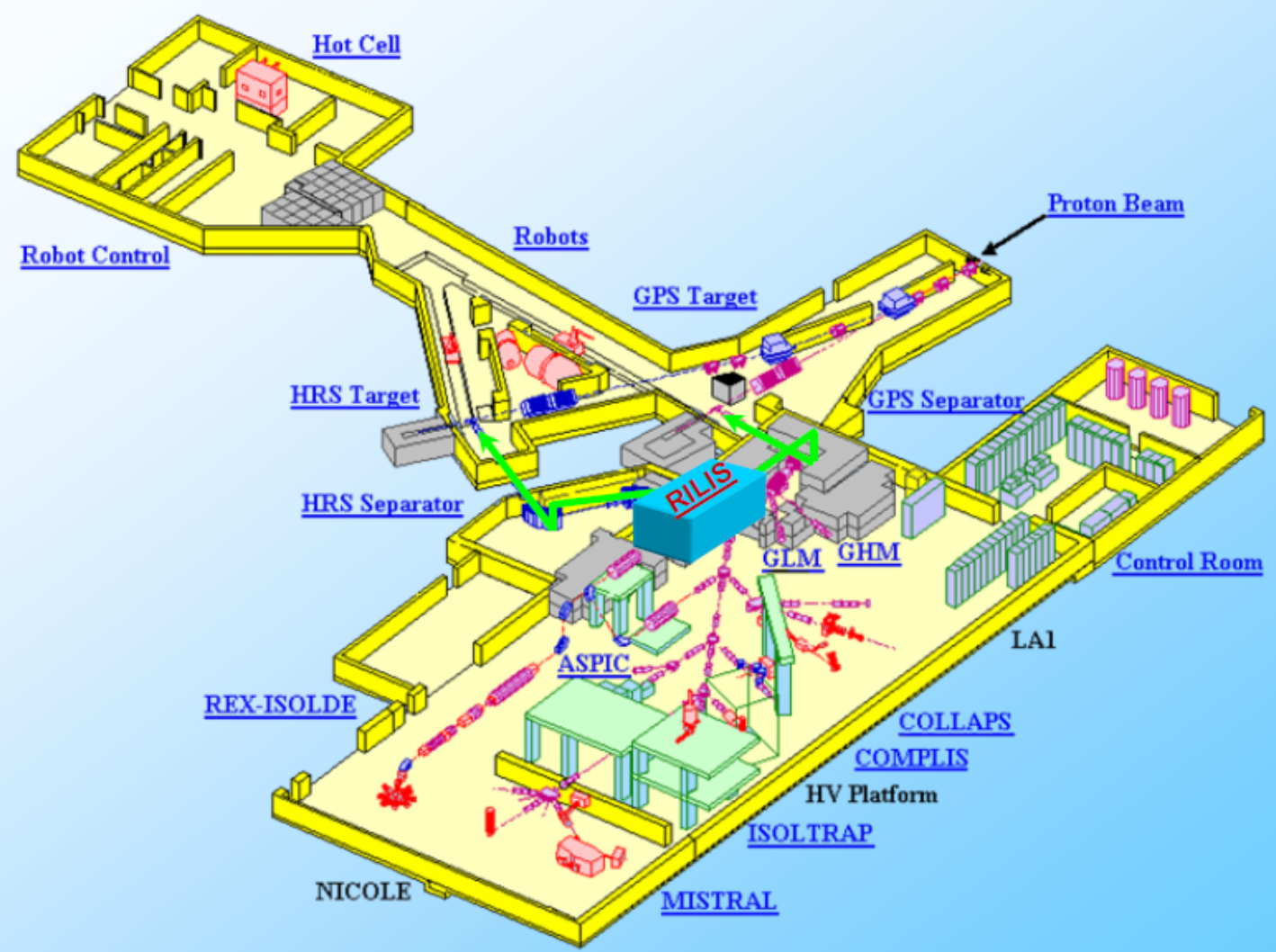


Участие ОФВЭ ПИЯФ в экспериментальной программе ISOLDE, CERN

1. Proton instability of ^{73}Rb . *Z. Phys. A 355 (1996) 227*.
ISOLDE collaboration + **ПИЯФ**.
Предложение Ю.Н. Новикова.
2. Non-analog beta-decay of ^{74}Rb . *Phys. Lett. (2001) 145, CERN Courier July 2001*.
3. Investigation of charge radii and electro-magnetic moments of Pb, Bi and Po isotopes at **RILIS, ISOLDE**.
2000 – до настоящего времени.
RILIS – Резонансная лазерная спектроскопия в ионном источнике.
4. Поиск ядер – кандидатов для нейтринных исследований ^{194}Hg - ^{194}Au . **ISOLTRAP** 2008.

RILIS at ISOLDE Facility



RILIS ion beams

Ion beams of 29 elements are produced at RILIS

elements available at ISOLDE LIS																					
1	ionization scheme tested																2				
H																	He				
3	4	ionization scheme untested														5	6	7	8	9	10
Li	Be	B	C	N	O	F	Ne														
11	12	13	14	15	16	17	18														
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar														
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36				
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr				
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54				
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe				
55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86				
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn				
87	88	89	104	105	106	107	108	109	110	111	112										
Fr	Ra	Ac	Rf	Ha	Sg	Ns	Hs	Mt													
			58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71					
			Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu					
			90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103					
			Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr					

- [RILIS web page](http://isolde-project-rilis.web.cern.ch/isolde-project-rilis/intro/principle.html): <http://isolde-project-rilis.web.cern.ch/isolde-project-rilis/intro/principle.html>



Upgrade of RILIS laser system

Replacement of CVL by
SSL

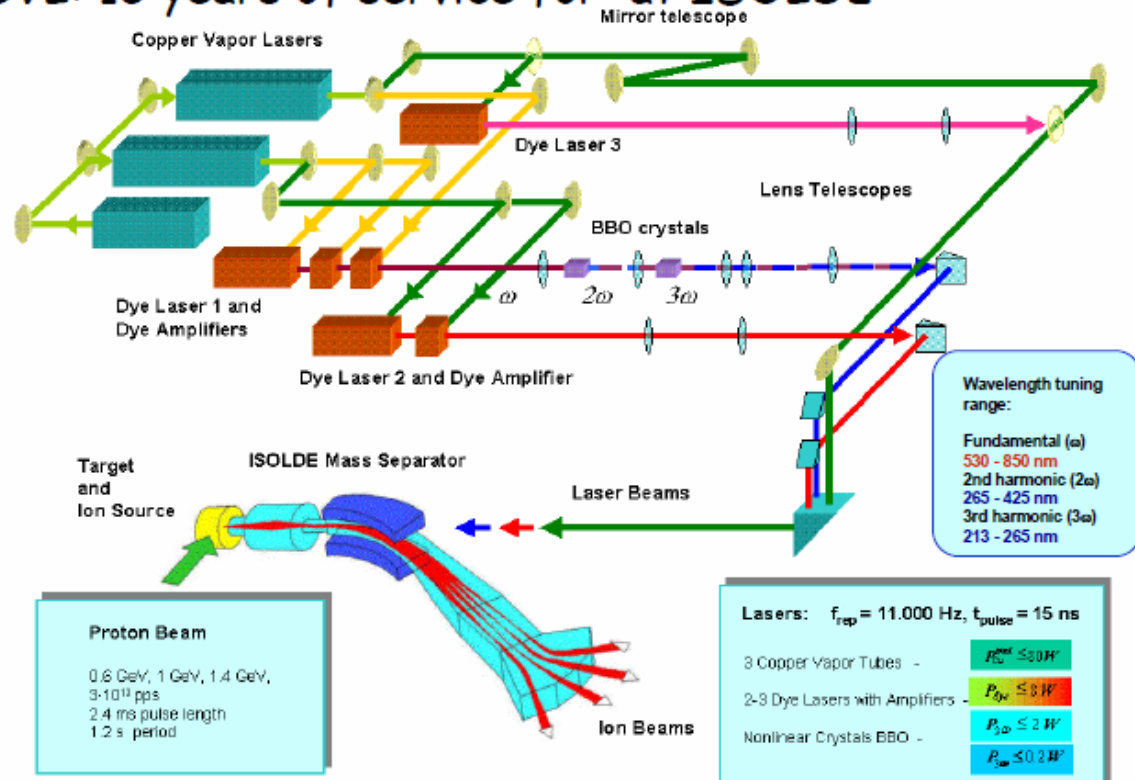
Advantages:

- Better beam quality
- Stability of operation
- Spectral coverage UV-NIR without gaps

Complications:

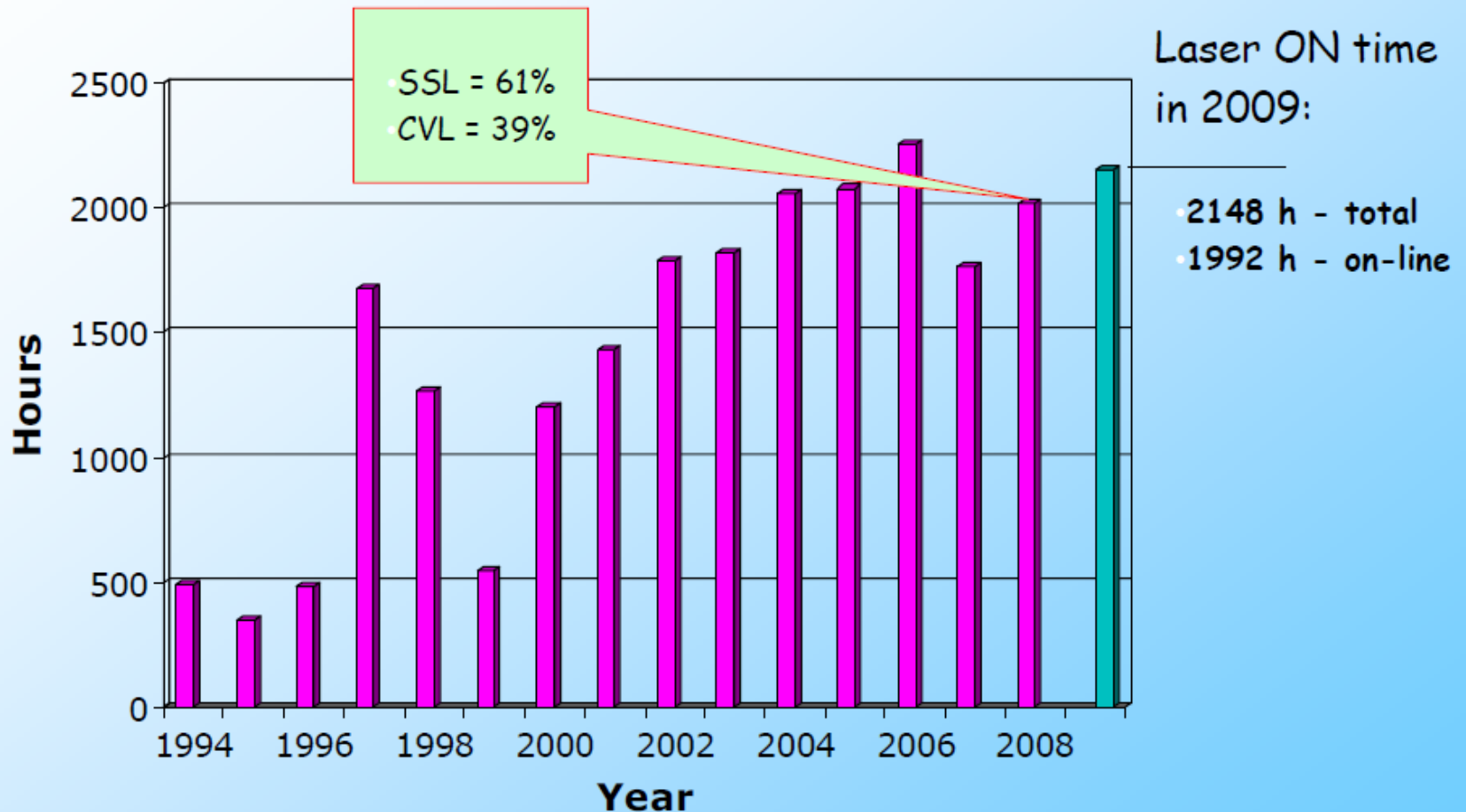
- New ionization schemes are needed (Mn, Au)
- Service by manufacturer only

CVL: 15 years of service for at ISOLDE





RILIS operation in 1994-2009



In 2009 Nd:YAG lasers have been used for ALL 14 RILIS runs

Be, Ga, Ag, Nd, Po, Mn, Mg,
Po, Sn, Mg, Mn, Be, Zn, Ni

In-source Laser Photoionization Spectroscopy of $^{191-218}\text{Po}$ isotopes at ISOLDE

IS 456: Study of polonium isotopes ground state properties by simultaneous atomic- and nuclear-spectroscopy

Collaboration:

CERN/ISOLDE - IKS Leuven-Mainz University- PNPI Gatchina- IPN Orsay

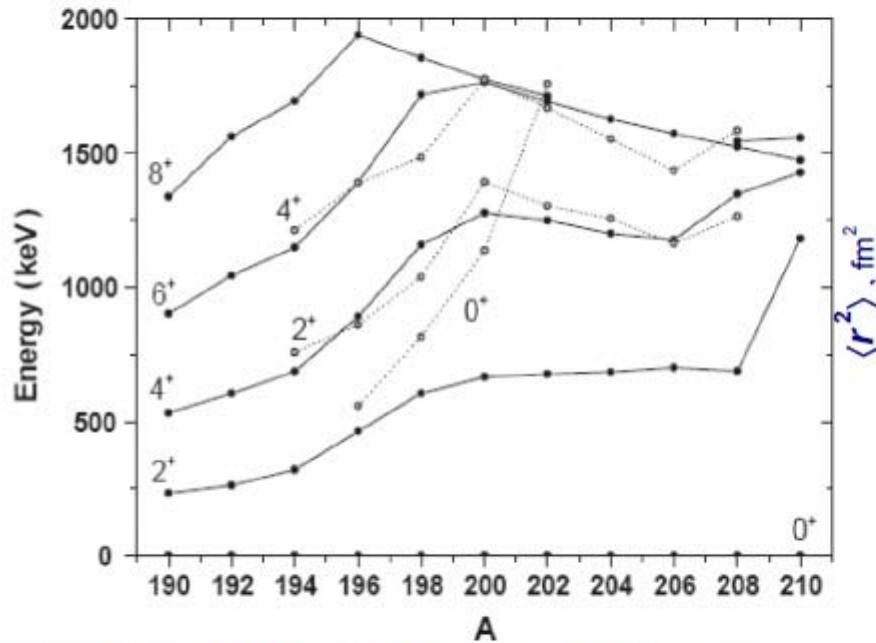
A.N. Andreyev, S. Antalic, A.E. Barzakh, B. Bastin, J. Billowes, J. Büscher, T.E. Cocolios, I. Darby, W. Dexters, D.V. Fedorov, V.N. Fedosseev, K. Flanagan, S. Franchoo, S. Fritzsche, G. Huber, M. Huyse, M. Keupers, U. Köster, Yu. Kudryavtsev, B.A. Marsh, P. Molkanov, M.D. Seliverstov, M. Sjödin, J. Van de Walle, P. Van Duppen, M. Venhart, S. Zemlyanov

ISOLDE Workshop and Users meeting 2009

18-20 November 2009

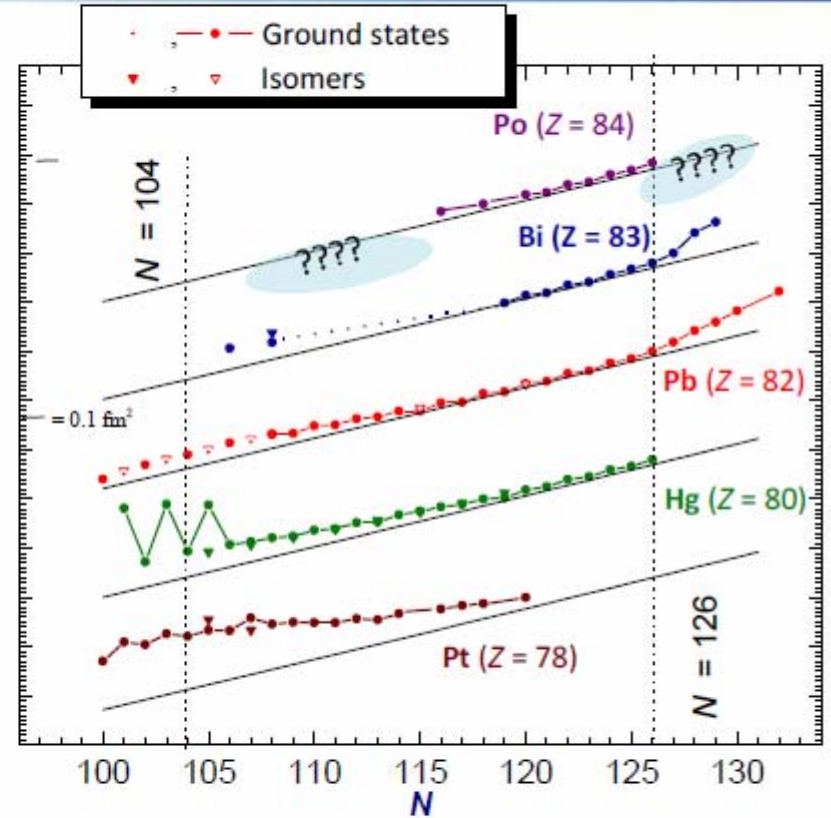
CERN

Motivation



Level systematics for the neutron-deficient lead isotopes.

R. Julin et al., *J. Phys. G: Nucl. Part. Phys* **27** R109 (2001).



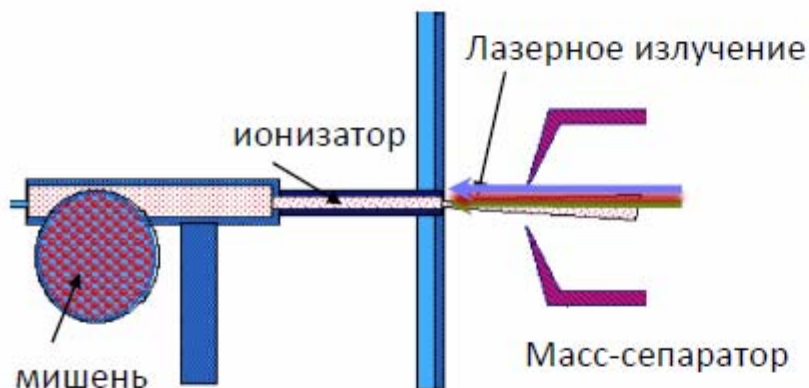
nuclear ground and isomeric state properties : $\delta \langle r^2 \rangle$

ISOLDE Workshop and Users meeting 2009

18-20 November 2009

CERN

Лазерная фотоионизационная спектроскопия в лазерном ионном источнике на установке ISOLDE



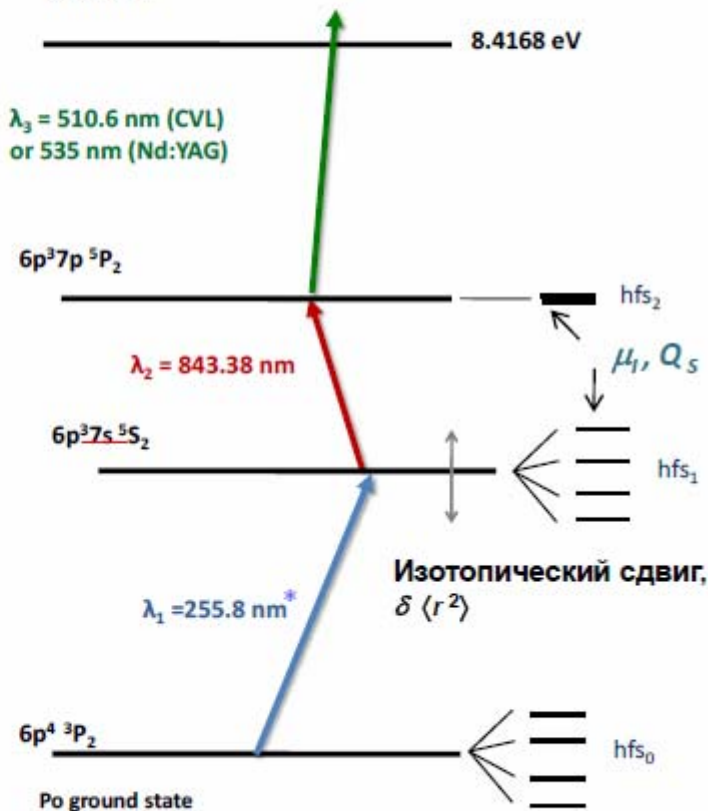
Лазерный ионный источник

- Детектирование фотоионов:
- Цилиндр Фарадея
- Детектирование α -частиц
- Детектирование β -частиц
- Детектирование γ -излучения

Схема фотоионизации атомов Po

T.E. Cocolios et al. NIM B 266 (2008) 4403

Continuum



*Этот переход был использован для атомной спектроскопии ранее (Kowalewska et al, Phys. Rev. A, **44** R1442, 1991.)

Изотопические сдвиги изотопов Po с чётным A

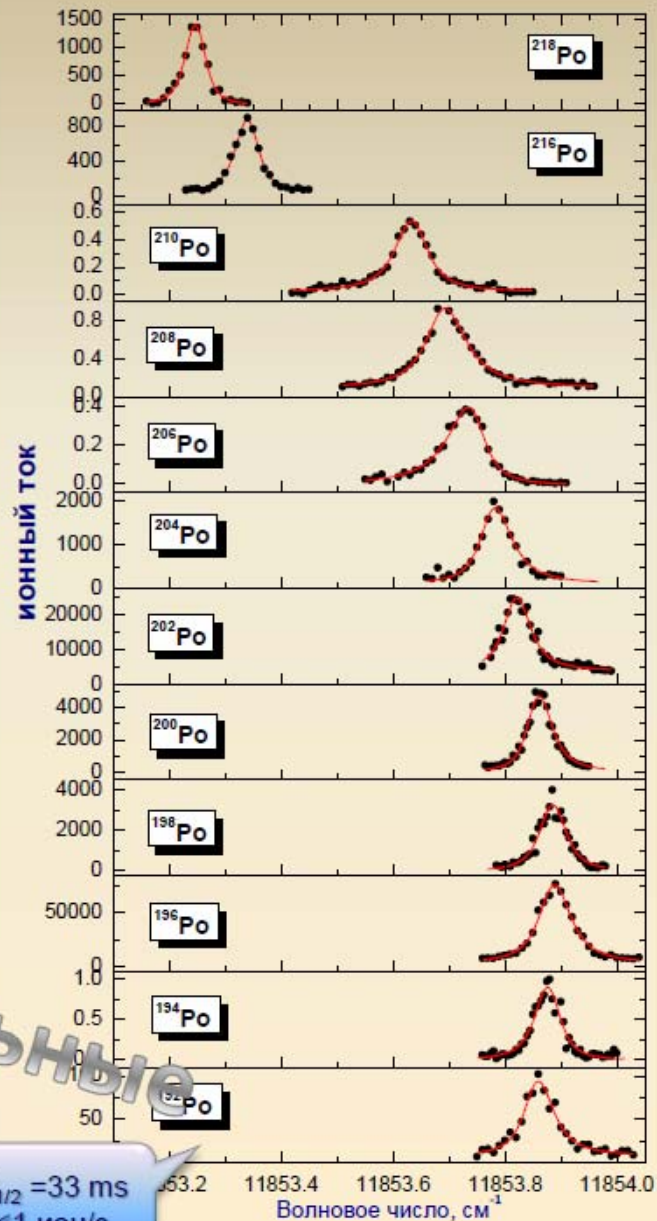
A	$\Delta\nu_{A,196}$, МГц	$T_{1/2}$, с	Детектирование
192	-1037(150)	32 ms	α
194	-372(120)	392 ms	α
196	0	5.56 s	α
198	-162 (130)	1.77 m	α
200	-905(40)	11.5 m	γ
202	-2009(100)	44.7 m	β
204	-3315(50)	3.53 h	γ
206	-4692(60)	8.8 d	FC
208	-6104(60)	2.9 a	FC
210	-7735(45)	138 d	FC
216	-16555(55)	145 ms	α
218	-19259(75)	3.4 m	α

Изотопический сдвиг $\Delta\nu_{A,A'}$:

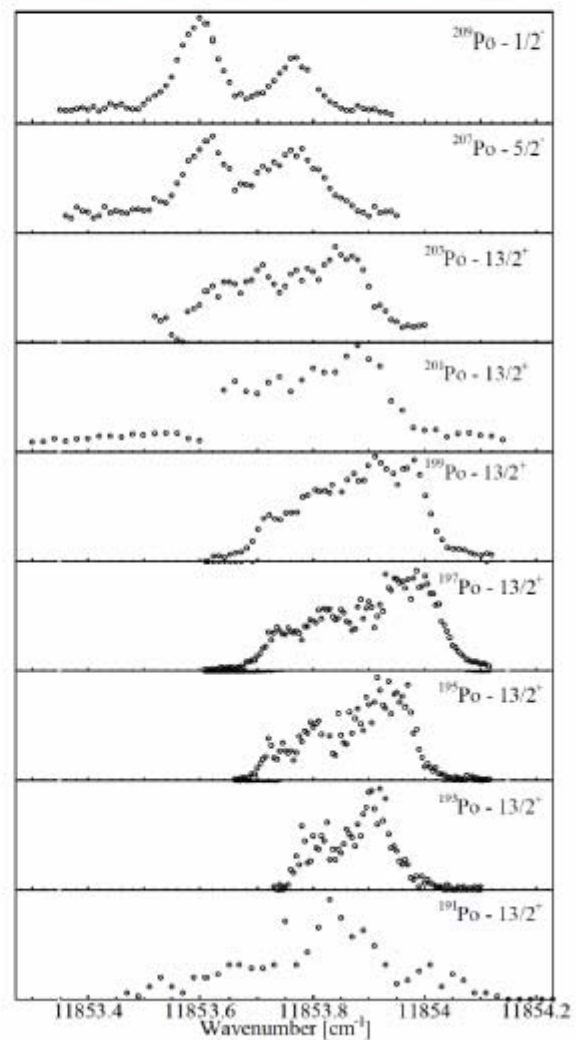
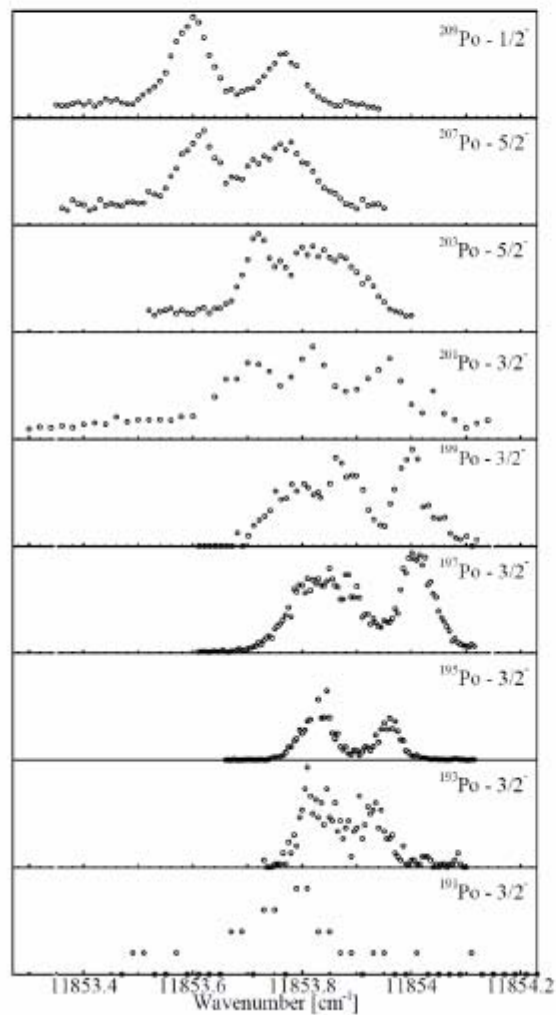
$$\delta\nu_{A,A'} = F * \lambda_{A,A'} + (NMS + \dots)$$

Среднеквадратический зарядовый радиус

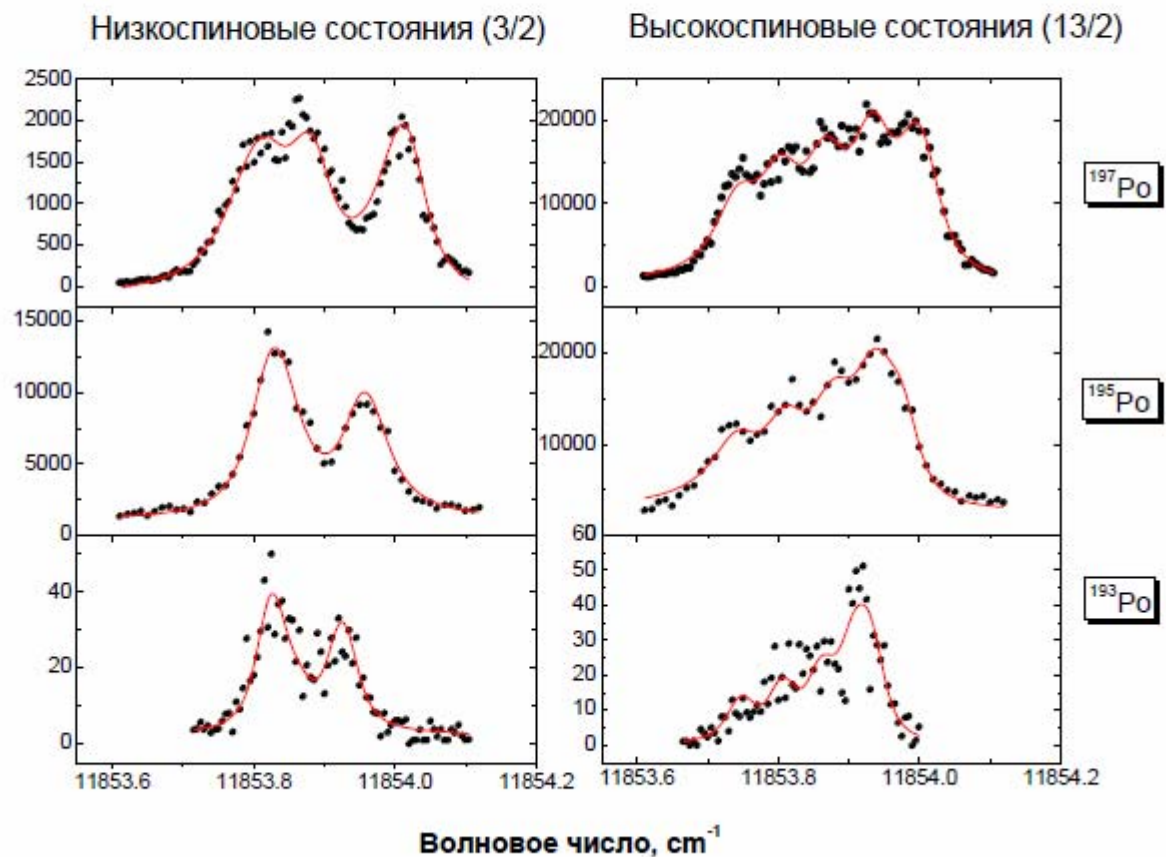
$$\lambda_{A,A'} = \langle r^2 \rangle + C_2 \langle r^4 \rangle + \dots \approx 0.93 \langle r^2 \rangle$$



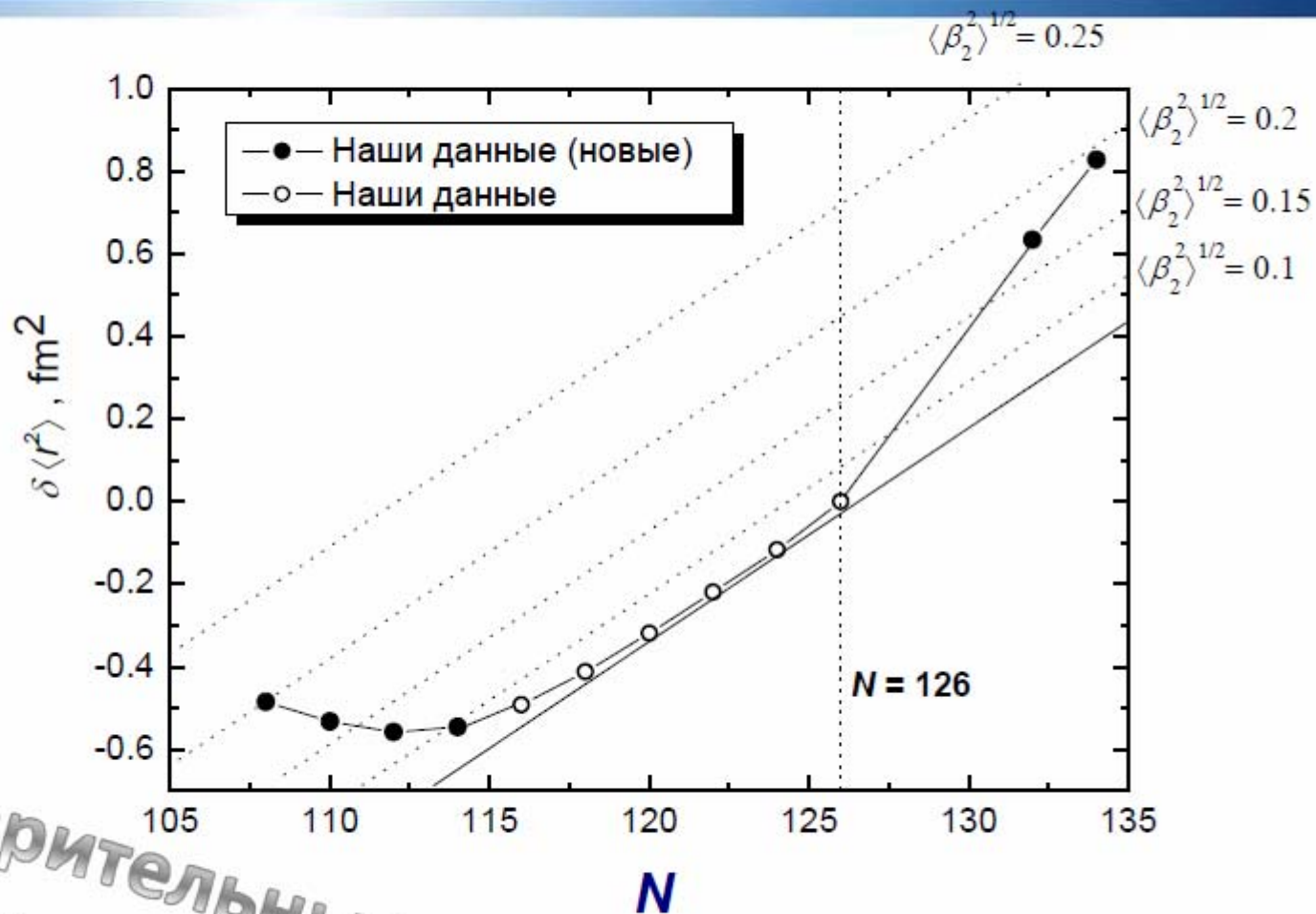
Сверхтонкая структура изотопов Po с нечётным A



Изотопы Po с нечётным -A: предварительный анализ



Среднеквадратичные зарядовые радиусы 192-218_{р0}



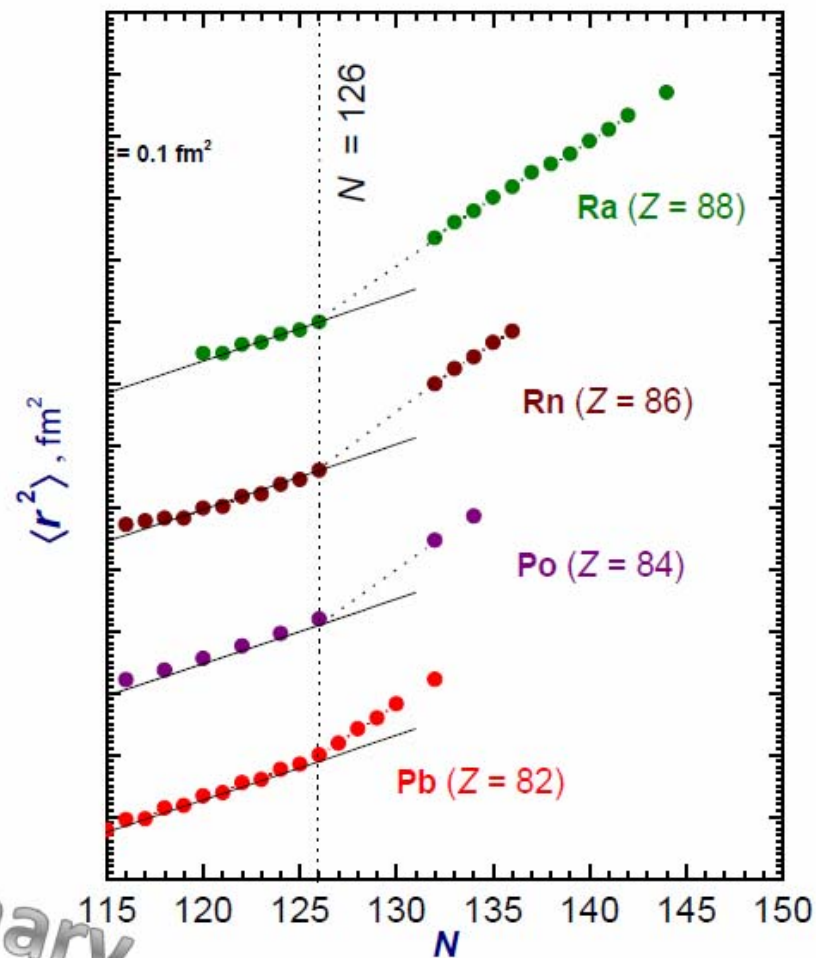
Предварительные
данные

Экспериментальные погрешности меньше, чем размер символов.

Charge radii of neutron-deficient Po isotopes: shell-closure effect at $N = 126$



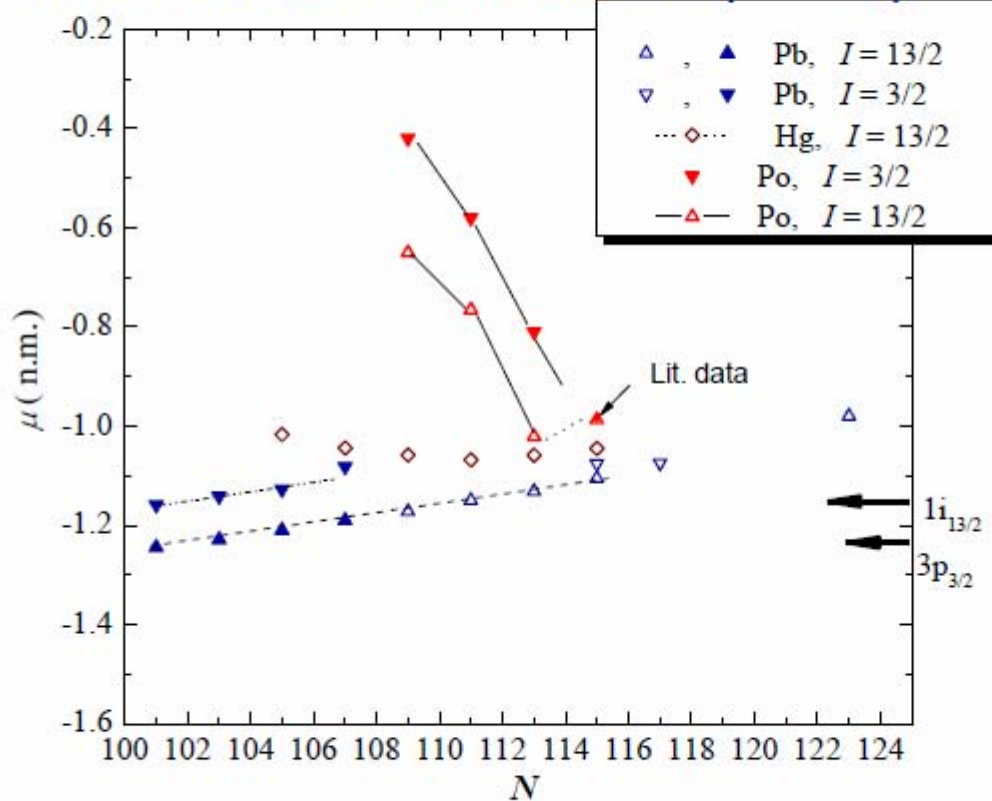
Element	$\frac{\delta\langle r^2 \rangle_{N,N-2}(N>126)}{\delta\langle r^2 \rangle_{N,N-2}(N<126)}$
Pb	1.9
Po	2.1
Rn	2.2
Ra	2.2



Preliminary

Изотопы Po с нечётным A: предварительный анализ

Оценка величины магнитного момента ($^{193-197}\text{Po}$):



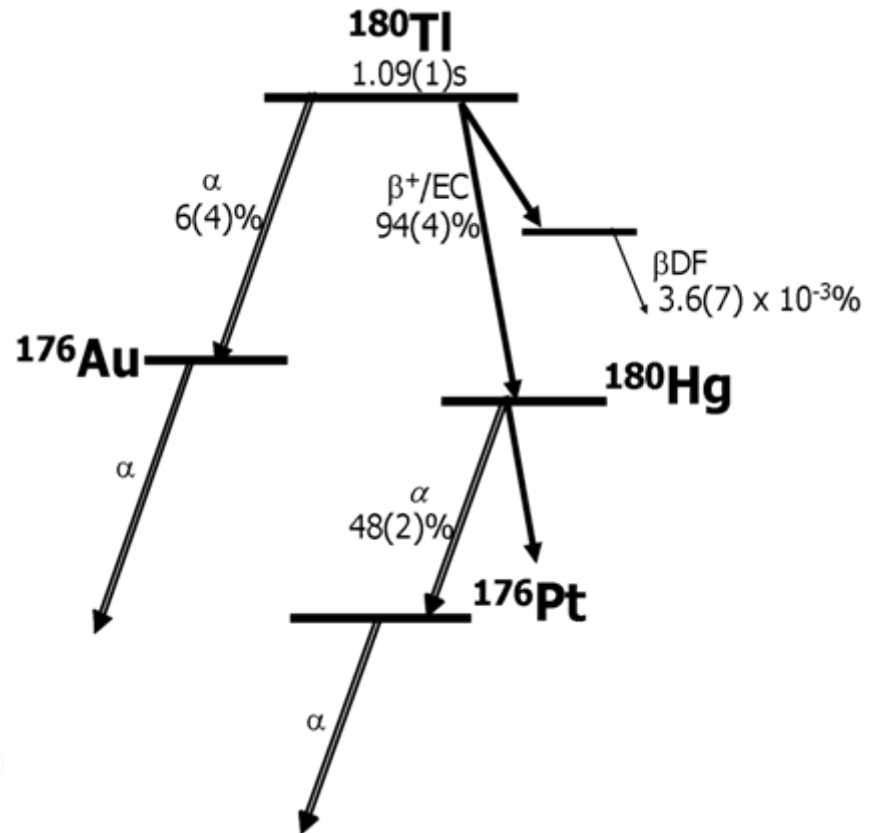
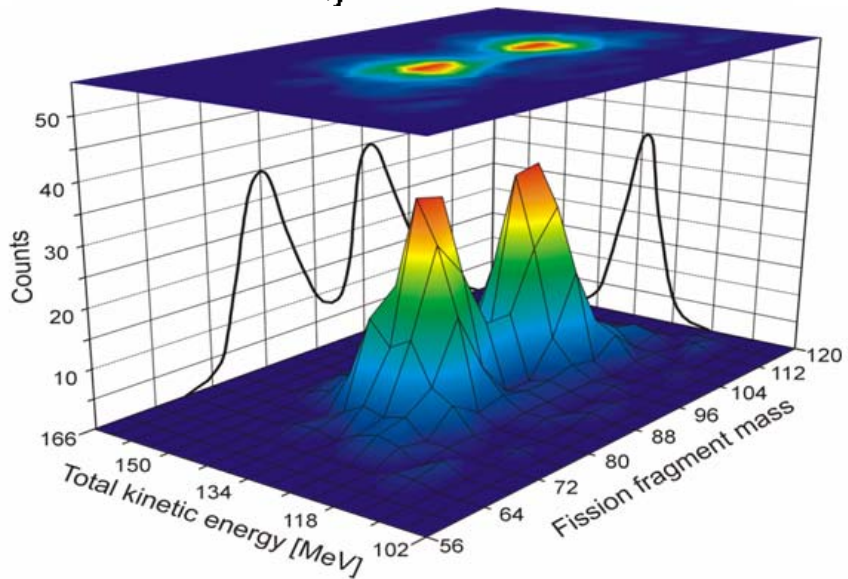
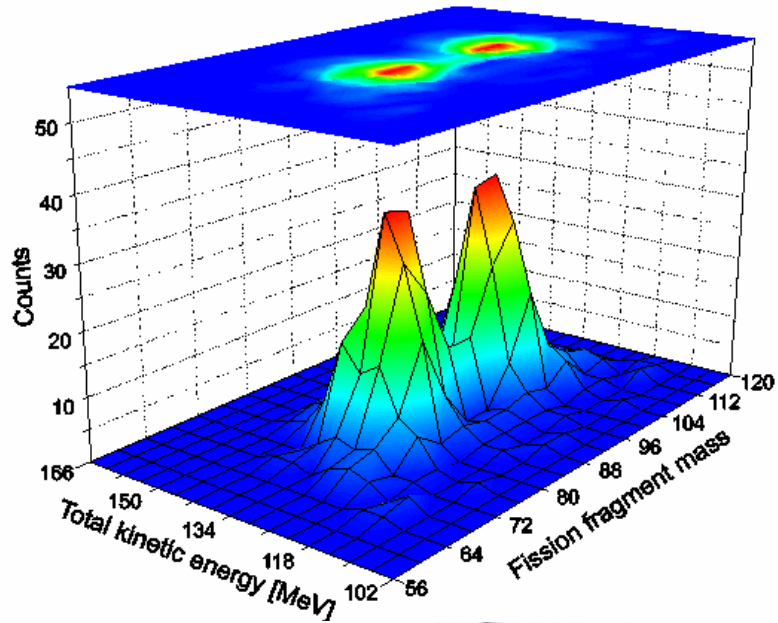
Предварительные данные!

...дальнейший анализ
 ^{191}Po , $^{199-203}\text{Po}$...



- Extension of the laser spectroscopy studies to the neutron deficient and neutron rich isotopes (and isomers) of Po: from ^{191}Po to ^{218}Po :
 - Isotope shifts for the even- A $^{192-218}\text{Po}$ are extracted
 - Data on charge radii of $^{192-218}\text{Po}$ are obtained, but the analysis is ongoing...
 - Large and early departure of the charge radii from the Spherical Droplet Model prediction was observed for neutron deficient Po isotopes
 - Neutron shell closure effect (around $N = 126$) was observed
 - Spectra of the odd- A $^{191-211}\text{Po}$ are obtained. Extraction of the isotope shifts and hyperfine splitting constants is ongoing...
 - Some interesting effects are expected: dramatic change of the magnetic moments for the light Po isotopes, inverse odd-even staggering...

Асимметричное деление



Поиск кандидатов для нейтринных исследований: **$^{194}\text{Hg} - ^{194}\text{Au}$**

ISOLTRAP (CERN)

Завершена обработка данных нескольких экспериментов по определению энергии распада (разности масс) при захвате электрона ядром ^{194}Hg :

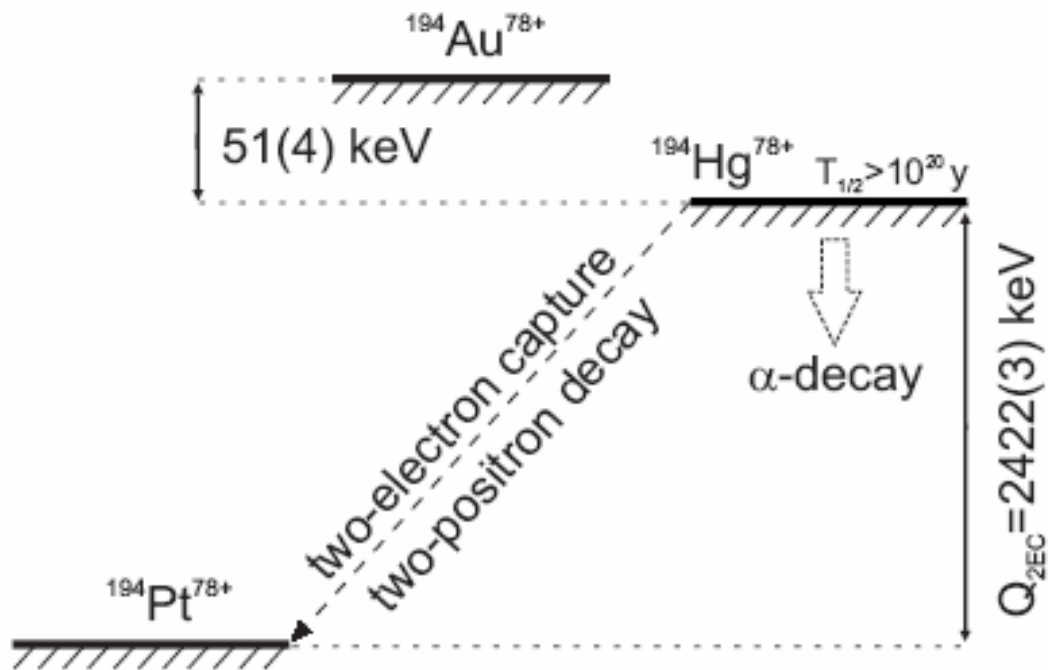
$Q_{\text{EC}} = 29 \pm 4$ кэВ, что существенно отличается от литературного $Q_{\text{EC}} = 69 \pm 14$ кэВ.

При новом значении Q_{EC} энергия нейтрино составляет $Q_{\nu} = 15 \pm 4$ кэВ.

Выводы:

- ^{194}Hg - кандидат для измерения массы нейтрино
- Коротковолновая длина осцилляций нейтрино $L_{32} \approx 15$ м
- Н- и He-подобный ионы $^{194}\text{Hg}^{79+}$ и $^{194}\text{Hg}^{78+}$ стабильны, тогда как нейтральный атом $^{194}\text{Hg}^{0+}$ радиоактивный – **уникальное явление!**

Констатация редчайшего явления - стабильности гелий-подобного иона $^{194}\text{Hg}^{78+}$ при радиоактивности нейтрального атома $^{194}\text{Hg}^{0+}$, происходящего с захватом электронов, которых нет у иона.



Планы сотрудничества ОФВЭ – ISOLDE, CERN на 2010-2014 гг.

1. Завершение обработки данных эксперимента **IS-456** и проведение теоретического анализа. Подготовка публикации.
2. Улучшение селективности **RILIS** при использовании время-пролетного импульса ионов. Предложение ИС РАН будет опробовано на **ИРИСе**.
3. Продолжение работ по измерениям зарядовых радиусов Tl и Fr в нейтроннодефицитной области.
4. Продолжение эксперимента по определению разности масс $^{194}\text{Hg} - ^{194}\text{Au}$. Улучшение достигнутой точности $E_{\text{EC}} = (29 \pm 4)$ кэВ? Требуется точность ± 20 эВ, что достижимо при создании «**PentaTRAP**» (Гайдельберг).