

Совещание по физике тяжелых ионов  
3 – 9 Июля 2022, г. Санкт-Петербург

# ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО ГАЗОАДСОРБЦИОННОЙ ХРОМАТОГРАФИИ ЭЛЕМЕНТОВ 112 И 114

**Николай Аксенов**

*nikolay.aksenov@jinr.ru*



**Объединенный институт  
ядерных исследований**

НАУКА СБЛИЖАЕТ НАРОДЫ

Лаборатория ядерных реакций  
им. Г.Н. Флерова

**JINR**

**FLNR**<sup>114 Flerovium</sup>

**Dubna**



# Грант МОН «Сверхтяжелые ядра и атомы: пределы масс ядер и границы Периодической Таблицы Д.И.Менделеева»

## II. Сверхтяжелые атомы

- Экспериментальное определение химических свойств 112 и 114 элементов в сравнении с их легкими гомологами соответственно, ртутью и свинцом на Фабрике сверхтяжелых элементов ОИЯИ

**Н.В. Аксенов**

**Эксперименты по газодсорбционной хроматографии элементов 112 и 114**

- **Актуальность**
- **Эксперименты в ЛЯР и GSI**
- **Анализ результатов**

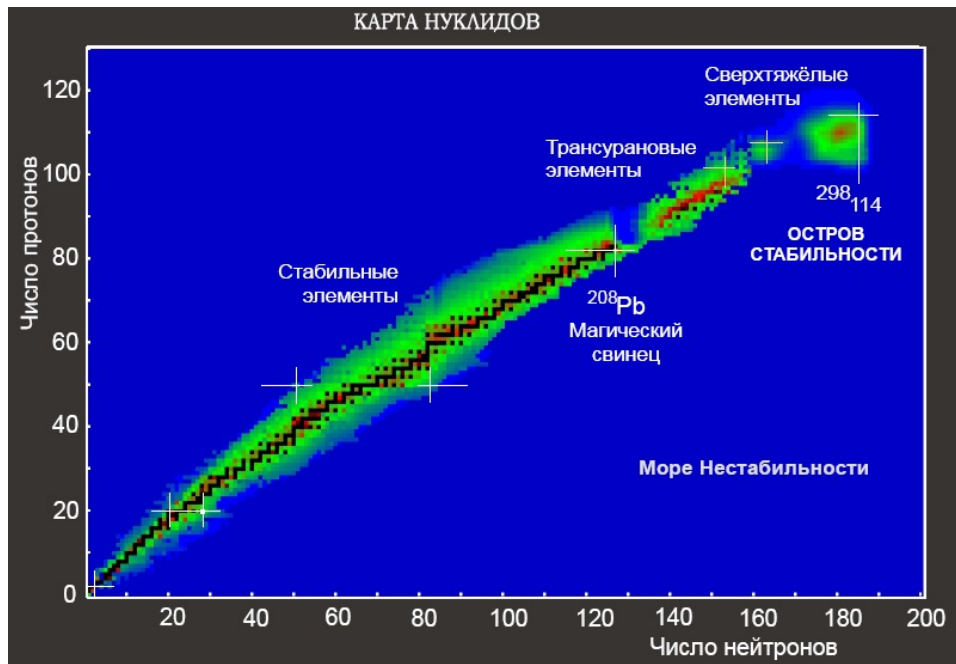
**А.В. Еремин**

**Подготовка первого эксперимента по химии 114 и 112 элементов на Фабрике СТЭ**

# АКТУАЛЬНОСТЬ

- Сверхтяжелые элементы
- Предсказания свойств
- Релятивистские эффекты
- Радиохимия - особенности изучения
- Термохроматография
- Термодинамика и свойства

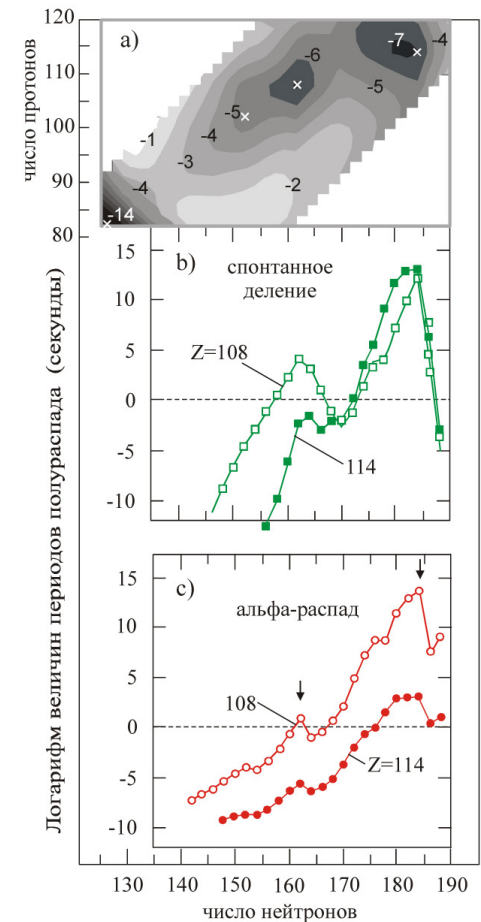
# ОСТРОВА СТАБИЛЬНОСТИ



- Поиск в природе
- Выделение из продуктов ядерных реакций

**Необходимы надежные методы химической идентификации**

## Теория оболочечного строения ядра





# ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ХИМИИ СТЭ

## • Структура Периодической таблицы

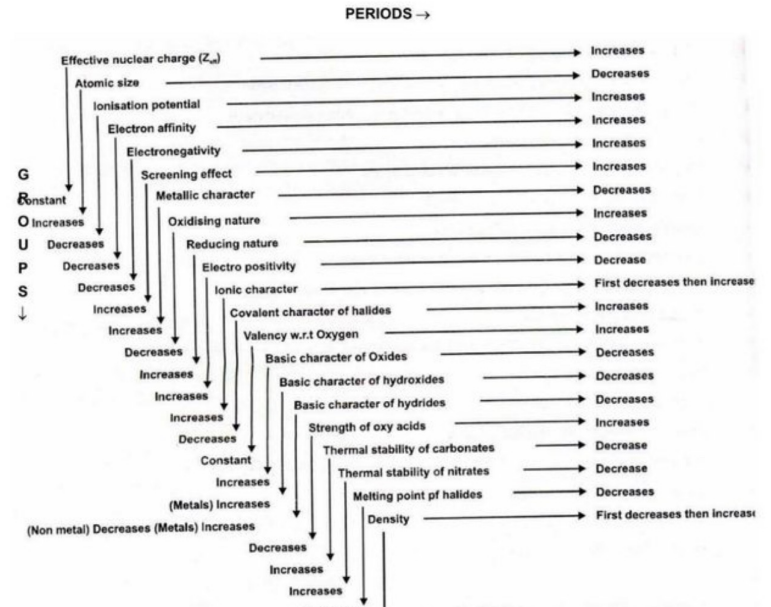
Legend:

- Alkali metals (orange)
- Alkaline-earth metals (yellow)
- Transition metals (purple)
- Other metals (pink)
- Other nonmetals (light orange)
- Halogens (green)
- Noble gases (light blue)
- Rare-earth elements (21, 39, 57-71) and lanthanoid elements (57-71 only) (light green)
- Actinoid elements (light blue)

1	2																		18
1	H																		He
2	3	4											5	6	7	8	9	10	
	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne	
3	11	12											13	14	15	16	17	18	
	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar	
4	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	
5	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	
6	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	
7	87	88	89	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	
	Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og	
lanthanoid series	6	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				
actinoid series	7	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				

\*Numbering system adopted by the International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC). © Encyclopædia Britannica, Inc.

## • Периодические закономерности



## Химическая идентификация

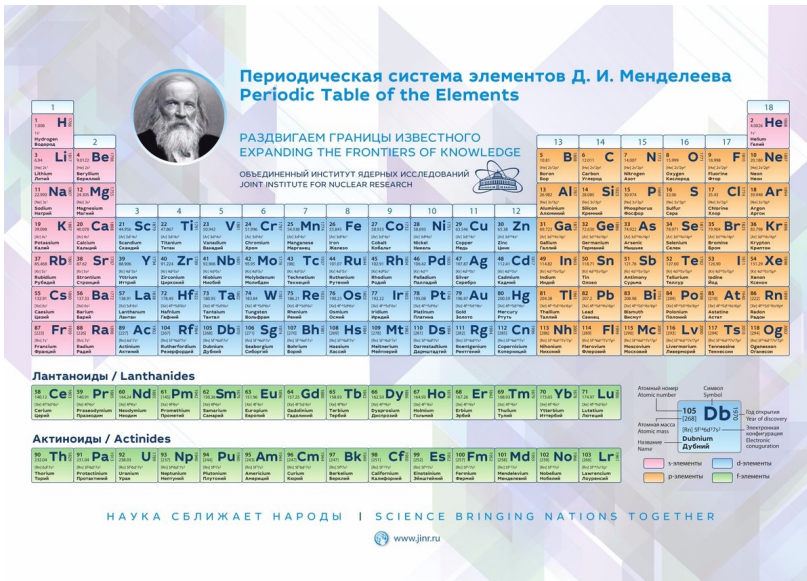
## Экспериментальное выявление влияния релятивистских эффектов

В соответствии с предсказаниями наибольший экспериментальный интерес вызывают Cn, Fl и Og

# ПРЕДСКАЗАНИЯ СВОЙСТВ

Химическая идентификация – выделение атомов изучаемого элемента, за счет его специфических свойств, уникальных для каждого химического элемента

## Периодический закон



Группа → 14

↓ Период

2 **C** Углерод  
12,011  
 $2s^2 2p^2$

6 изотопов,  $^{289}\text{Fl}$  (2,1 с)

3 **Si** Кремний  
28,086  
 $3s^2 3p^2$

Усиление металлических свойств,  
Увеличение устойчивости МО  
вниз по группе

4 **Ge** Германий  
72,630  
 $3d^{10} 4s^2 4p^2$

5 **Sn** Олово  
118,710  
 $4d^{10} 5s^2 5p^2$

Fl аналог Pb

6 **Pb** Свинец  
207,2  
 $4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p^2$

Степень окисления +2

7 **Fl** Флеровий  
(289)  
 $5f^{14} 6d^{10} 7s^2 7p^2$

$[\text{Rn}]5f^{14} 6d^{10} 7s^2 7p^2$

Свойства элементов в 14 группе различаются между собой больше, чем в других группах

# ПРЕДСКАЗАНИЕ СВОЙСТВ

1. Экстраполяции термодинамических свойств внутри групп из экспериментальных данных

Б. Айхлер (1974, ЛЯР)  
Высокая летучесть элементов 112-118

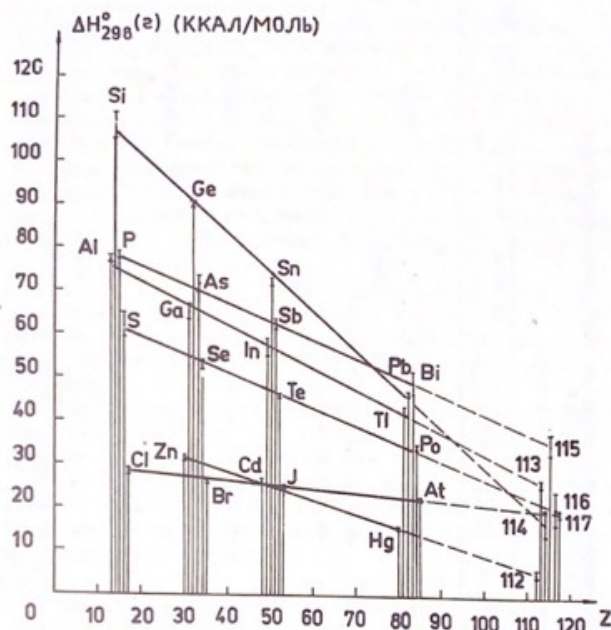


Рис. 5. Стандартная энтальпия газообразных элементов в атомарном состоянии в зависимости от Z.

2. Расчеты электронной структуры:

И.И. Тупицин  
Особенности электронного строения и химические свойства сверхтяжелых элементов 7-го и 8-го периодов

А.М. Рыжков  
Адсорбционные свойства сверхтяжелых элементов и их гомологов, а также их соединений (МН и МОН) на золотой поверхности

А.А. Котов  
Химические свойства монооксидов Fl (Z=114), Cn (Z=112) и Hg (Z=80)

# Релятивистские эффекты (РЭ) и химические свойства СТЭ

## Основные РЭ в атомах СТЭ:

- Сжатие и стабилизация s- и  $p_{1/2}$ -орбиталей;
- Растяжение и дестабилизация  $p_{3/2}$ -, d- и f-орбиталей;
- Спин-орбитальное расщепление.

## В атомах СТЭ РЭ существенно влияют на:

- потенциал ионизации;
- ковалентный/ионный радиус;
- поляризуемость;
- энергия основного состояния;
- спектроскопические характеристики.

## Влияние РЭ на химические свойства:

- энергия, длина и тип химической связи;
- константы устойчивости комплексов СТЭ;
- энергия диссоциации молекул СТЭ;
- валентные состояния атомов СТЭ.

## Атомные расчеты

- Pitzer, 1975: 112 и 114 элементы будут очень инертными, как благородные газы или летучие жидкости, связанные только дисперсионными силами
- Открытие Cn и Fl стимулировало большое количество расчетов

Обнаруженное в экспериментах сильное отклонение свойств СТЭ от зависимостей, характерных для их легких гомологов, и подтвержденное теоретически может быть интерпретировано как проявление релятивистских эффектов в химии

# РАДИОХИМИЯ СТЭ

## Особенности изучения химии СТЭ

- Получение радиоизотопов только на ускорителях тяжелых ионов
- Низкие сечения ядерных реакций
- Короткое время жизни ( $T_{1/2}$ )
- Обнаруживаются в результате распада
- Один атом

**М. Кюри**

Открытие первых радиоактивных элементов

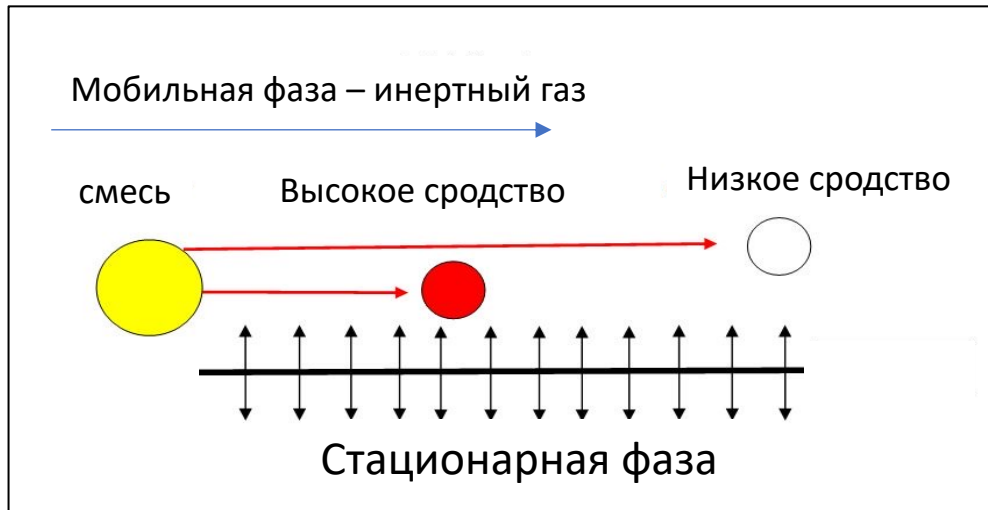
## Сегодня химия СТЭ

**Возрождение радиохимии  
в первоначальном понимании, но на  
совершенно новом уровне!**

При выборе метода выделения и изучения СТЭ необходимо учитывать:

- не образуют жидкости и твердые тела
- выделение одного атома или его дочерних нуклидов из миллиардов продуктов ядерных реакций
- высокая селективность и эффективность выделения
- учет сорбции и др. процессов
- учет химических реакций с горячими атомами
- нужны быстрые химические взаимодействия
- необходима стабилизация в одной хим. форме
- результат должен быть интерпретирован/предсказан теорией
- строго контролируемые и воспроизводимые условия
- анализ низкой статистики
- детектирование цепочки альфа-распада или СД
- и др.

# ГАЗОАДСОРБЦИОННАЯ ХРОМАТОГРАФИЯ



Разделение происходит из-за разницы в летучести и взаимодействии атомов с поверхностью

## Адсорбция на металлах:

Температура осаждения определяется энтальпией адсорбции, которая коррелирует с энтальпией сублимации

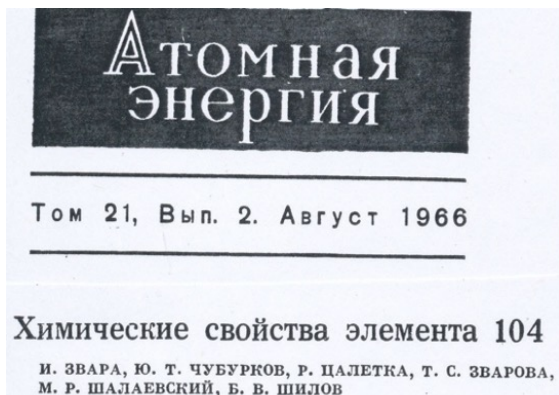
Химия с одним атомом

- высокая скорость разделения
- регистрация SF - максимальная чувствительность
- практически бесконечный объем образца
- широкий температурный диапазон
- высокая эффективность разделения
- Летучесть
- Инертное поведение
- Элементарное состояние

**Постановка экспериментов требует больших технических, инженерных и интеллектуальных усилий**



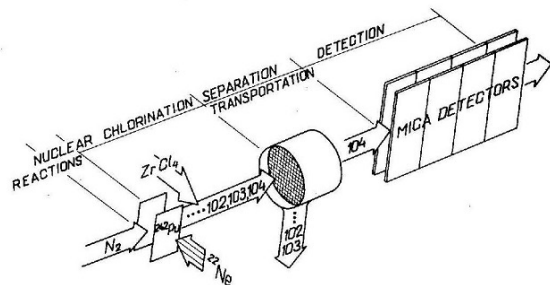
## Основы новой области химии - химии единичных атомов



Стратегия:

Сравнить химические свойства(поведение) СТЭ со свойствами его более легких гомологов в группе ПТ используя групповые отличия – летучесть соединений

- Шаг 1: получение СТЭ в ядерной реакции
- Шаг 2: получение летучего соединения СТЭ в химической реакции
- Шаг 3: измерение радиоактивного распада сверхтяжелого атома
- Шаг 4: экстраполяция данных адсорбции на макроскопические величины



ИЮПАК признал точную химическую идентификацию открытием элемента 104

Методика успешно применялась во всех последующих исследованиях с элементами 104-108

# ЭКСПЕРИМЕНТЫ

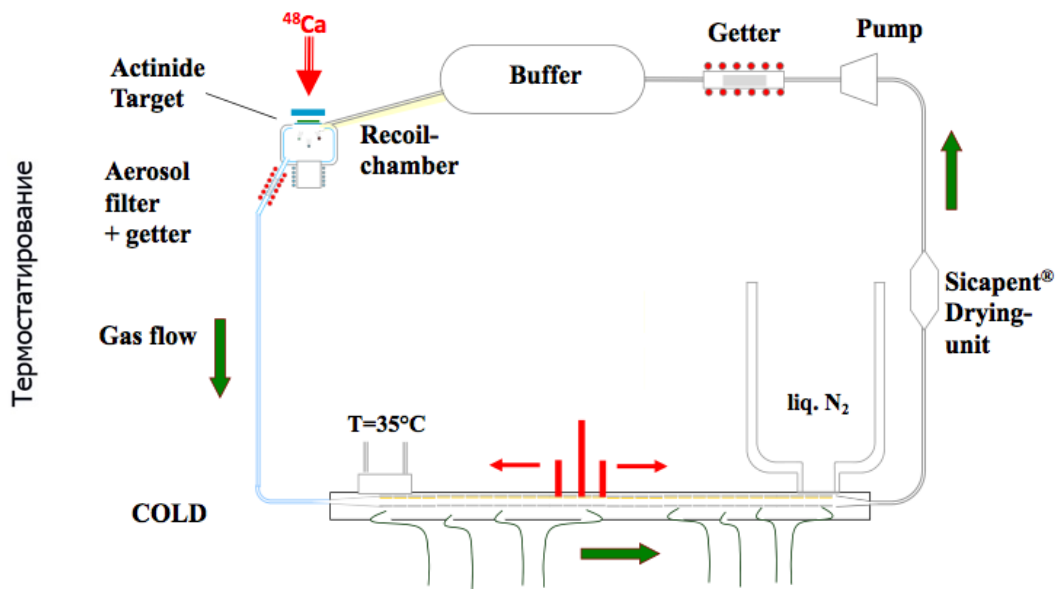
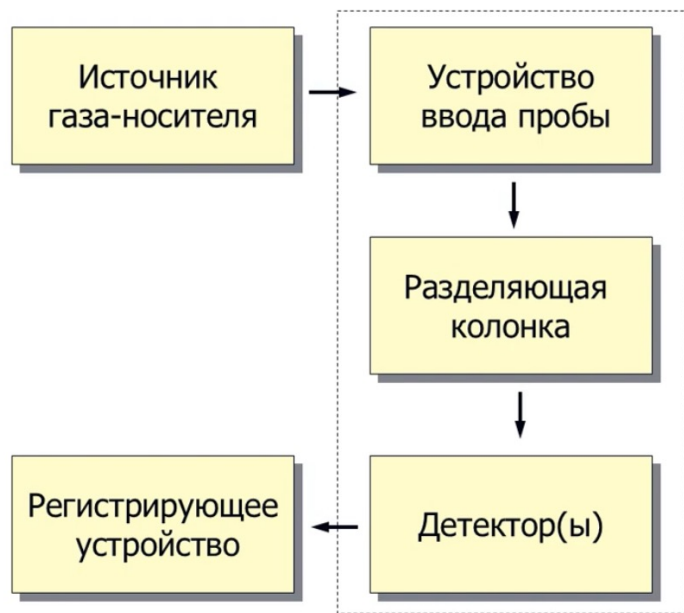
Адсорбция на золоте:

- 2000-2003 ЛЯР и PSI/GSI - Cn
- 2006-2013 PSI/ЛЯР - Cn, FI
- 2009 TASCA GSI - Cn, FI
- 2014-2015 TASCA GSI - FI (результаты не опубликованы)



# ГАЗОАДСОРБЦИОННАЯ ХРОМАТОГРАФИЯ УСТАНОВКИ НА ПУЧКАХ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ

## Общая схема ГХ экспериментов



# УСТАНОВКИ НА ПУЧКАХ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ

COLD, PSI – Cn, Fl

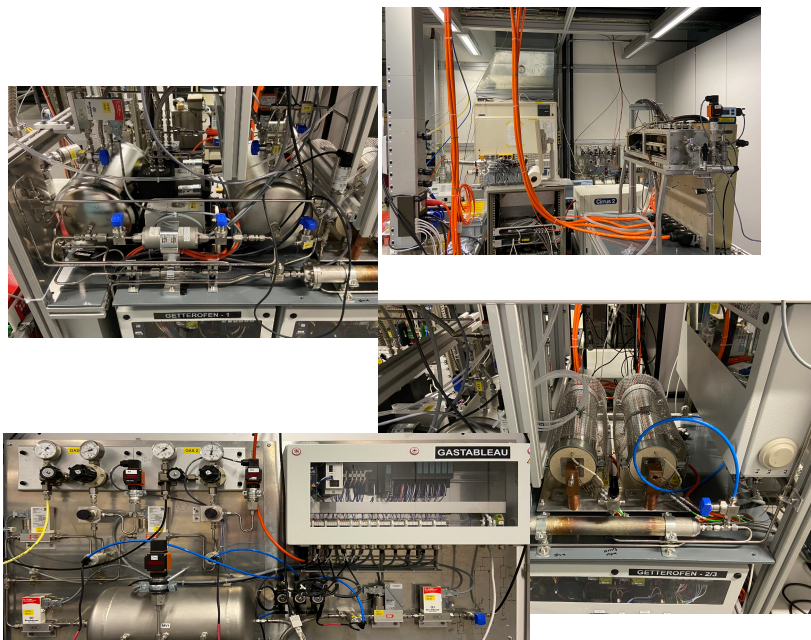


Фото предоставлены Р. Айхлером (PSI)

COMPACT, TASCA, GSI – Fl  
-> Cn, Nh, Fl, Mc

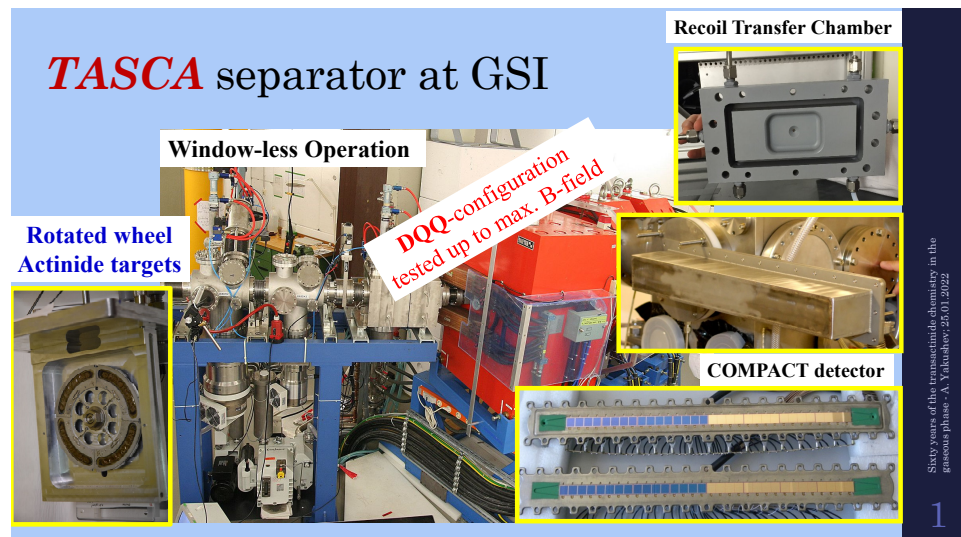


Фото предоставлены А.Б. Якушевым (TASCA, GSI)

- Япония – Rf, Db, (Sg)
- IMP, Китай – модельные (Nh)

Криодетектор, ЛЯР - Nh

# 1. ЭКСПЕРИМЕНТЫ @ЛЯР + @GSI – Cn (2000-2003)

Radiochim. Acta **91**, 433–439 (2003)  
© by Oldenbourg Wissenschaftsverlag, München



## Chemical identification and properties of element 112

By A. B. Yakushev<sup>1,6,\*</sup>, I. Zvara<sup>1</sup>, Yu. Ts. Oganessian<sup>1</sup>, A. V. Belozero<sup>1</sup>, S. N. Dmitriev<sup>1</sup>, B. Eichler<sup>2</sup>, S. Hübener<sup>1</sup>, E. A. Sokol<sup>1</sup>, A. Türler<sup>3</sup>, A. V. Yeremin<sup>1</sup>, G. V. Buklanov<sup>1</sup>, M. L. Chelnokov<sup>1</sup>, V. I. Chepigin<sup>1</sup>, V. A. Gorshkov<sup>1</sup>, A. V. Gulyaev<sup>1</sup>, V. Ya. Lebedev<sup>1</sup>, O. N. Malyshev<sup>1</sup>, A. G. Popeko<sup>1</sup>, S. Soverna<sup>4</sup>, Z. Szeglovski<sup>5</sup>, S. N. Timokhin<sup>1</sup>, S. P. Tretyakova<sup>1</sup>, V. M. Vasko<sup>1</sup> and M. G. Itkis<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Joint Institute for Nuclear Research, Flerov Laboratory of Nuclear Reactions, 141980 Dubna, Russia

<sup>2</sup> Paul Scherrer Institute, CH-5232 Villigen PSI, Switzerland

<sup>3</sup> Research Center Rossendorf, D-01314 Dresden, Germany

<sup>4</sup> University of Bern, Department of Chemistry and Biochemistry, CH-3012 Bern, Switzerland

<sup>5</sup> Institute of Nuclear Physics, Krakow, Poland

<sup>6</sup> Institute for Radiochemistry, Technical University of Munich, D-85748 Garching, Germany

Планирование эксперимента  
исходя из  $T_{1/2} = 30 \text{ c}$

Качественные эксперименты:  
поведение Cn аналогично гомологу Hg или благородному газу Rn?

## 2. ЭКСПЕРИМЕНТЫ @ЛЯР/ PSI – Cn (2006-2007)

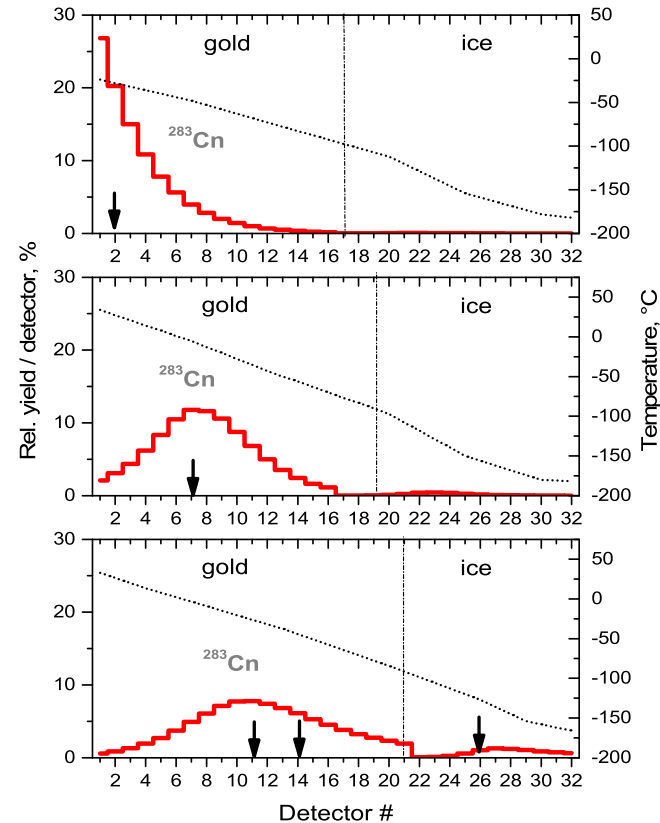
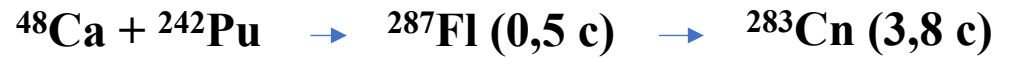
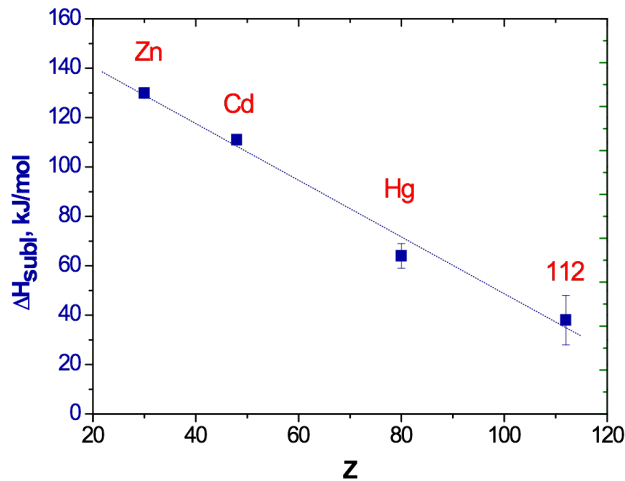
nature

Vol 447:3 May 2007 doi:10.1038/nature05761

### LETTERS

#### Chemical characterization of element 112

R. Eichler<sup>1,2</sup>, N. V. Aksenov<sup>3</sup>, A. V. Belozero<sup>3</sup>, G. A. Bozhikov<sup>3</sup>, V. I. Chepigin<sup>3</sup>, S. N. Dmitriev<sup>3</sup>, R. Dressler<sup>1</sup>, H. W. Gäggeler<sup>1,2</sup>, V. A. Gorshkov<sup>3</sup>, F. Haenssler<sup>1,2</sup>, M. G. Itkis<sup>3</sup>, A. Laube<sup>1</sup>, V. Ya. Lebedev<sup>3</sup>, O. N. Malyshev<sup>3</sup>, Yu. Ts. Oganessian<sup>3</sup>, O. V. Petrushkin<sup>3</sup>, D. Piguet<sup>1</sup>, P. Rasmussen<sup>3</sup>, S. V. Shishkin<sup>3</sup>, A. V. Shutov<sup>3</sup>, A. I. Svirikhin<sup>3</sup>, E. E. Tereshatov<sup>3</sup>, G. K. Vostokin<sup>3</sup>, M. Wegrzeck<sup>3</sup> & A. V. Yeremin<sup>3</sup>



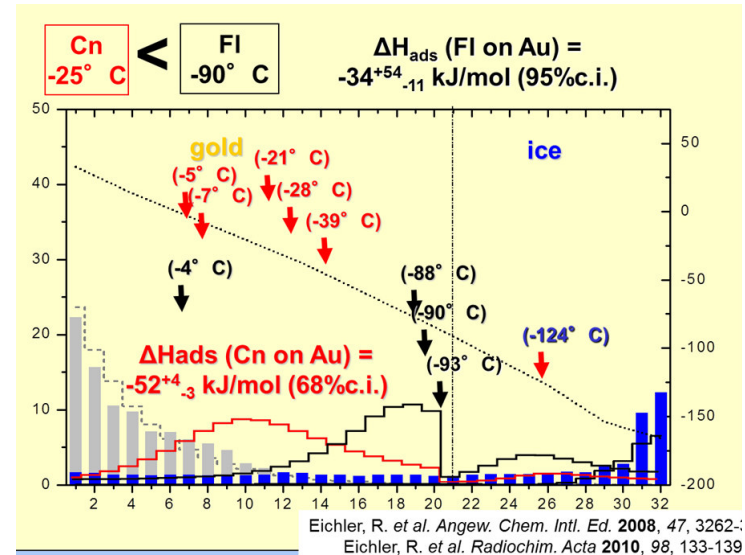
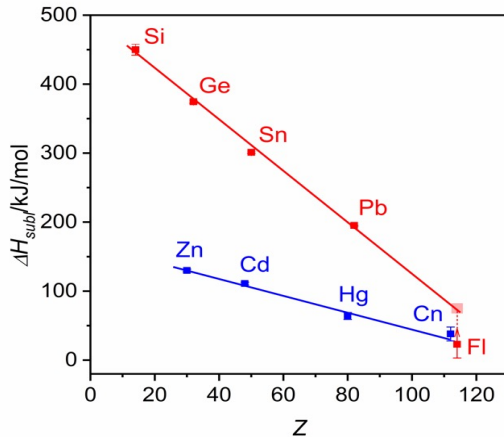
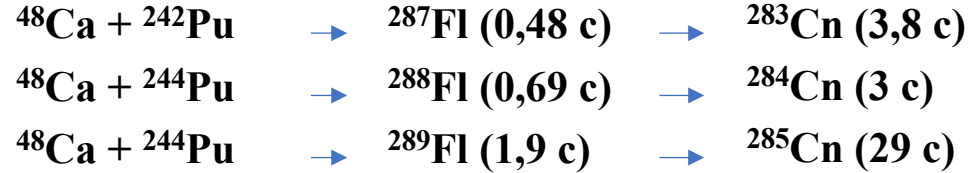
В последующих экспериментах зарегистрировано 13 цепочек распада  $^{283}\text{Cn}$  и  $^{285}\text{Cn}$  подтверждающих наблюдаемые свойства

### 3. ЭКСПЕРИМЕНТЫ - @ЛЯР/PSI – FI (2007)

Radiochim. Acta 98, 133–139 (2010) / DOI 10.1524/ract.2010.1705  
 © by Oldenbourg Wissenschaftsverlag, München

#### Indication for a volatile element 114

By R. Eichler<sup>1,2,\*</sup>, N. V. Aksenov<sup>3</sup>, Yu. V. Albin<sup>3</sup>, A. V. Belozero<sup>3</sup>, G. A. Bozhikov<sup>3</sup>, V. I. Chepigin<sup>3</sup>, S. N. Dmitriev<sup>3</sup>, R. Dressler<sup>1</sup>, H. W. Gäggeler<sup>1,2</sup>, V. A. Gorshkov<sup>3</sup>, R. A. Henderson<sup>4</sup>, A. M. Johnsen<sup>4</sup>, J. M. Kenneally<sup>4</sup>, V. Ya. Lebedev<sup>3</sup>, O. N. Malyshev<sup>3</sup>, K. J. Moody<sup>4</sup>, Yu. Ts. Oganessian<sup>3</sup>, O. V. Petrushkin<sup>3</sup>, D. Piguat<sup>1</sup>, A. G. Popeko<sup>1</sup>, P. Rasmussen<sup>1</sup>, A. Serov<sup>1,2</sup>, D. A. Shaughnessy<sup>4</sup>, S. V. Shishkin<sup>3</sup>, A. V. Shutov<sup>3</sup>, M. A. Stoyer<sup>4</sup>, N. J. Stoyer<sup>4</sup>, A. I. Svirikhin<sup>3</sup>, E. E. Tereshatov<sup>3</sup>, G. K. Vostokin<sup>3</sup>, M. Wegrzecki<sup>4</sup>, P. A. Wilk<sup>4</sup>, D. Wittwer<sup>2</sup> and A. V. Yeremin<sup>3</sup>



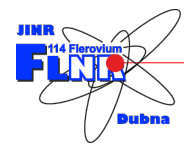
#### Cn:

- Химическая идентификация синтеза
- Высокая летучесть в атомарном состоянии
- Хемосорбция на поверхности золота

#### Fl:

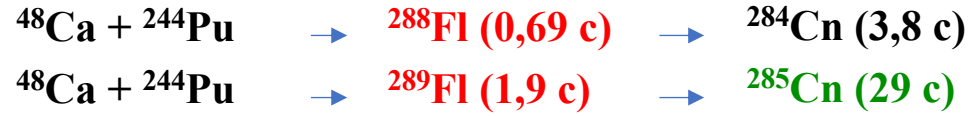
- **Высокая летучесть и инертность в атомарном состоянии**
- **Физисорбция на золоте**
- **Благородный металл или газ**

Eichler, R. et al. *Angew. Chem. Intl. Ed.* 2008, 47, 3262-3  
 Eichler, R. et al. *Radiochim. Acta* 2010, 98, 133-139



# 4. ЭКСПЕРИМЕНТЫ - IV @ЛЯР/PSI – FI (2008)

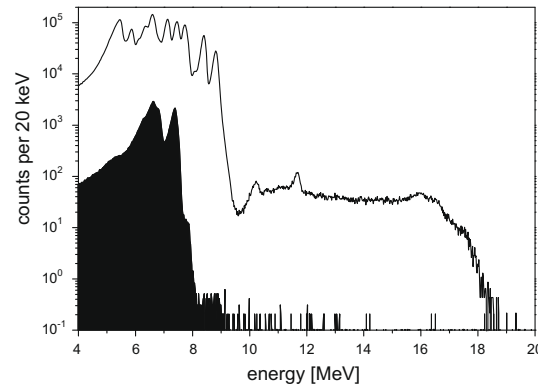
## COLD + ГНС (У-400)



Gas phase chemical studies of superheavy elements using the Dubna gas-filled recoil separator – Stopping range determination

D. Wittwer<sup>a,b,\*</sup>, F.Sh. Abdullin<sup>c</sup>, N.V. Aksenov<sup>c</sup>, Yu.V. Albin<sup>c</sup>, G.A. Bozhikov<sup>c</sup>, S.N. Dmitriev<sup>c</sup>, R. Dressler<sup>b</sup>, R. Eichler<sup>a,b</sup>, H.W. Gäggeler<sup>a,b</sup>, R.A. Henderson<sup>d</sup>, S. Hübener<sup>c</sup>, J.M. Kenneally<sup>d</sup>, V.Ya. Lebedev<sup>c</sup>, Yu.V. Lobanov<sup>c</sup>, K.J. Moody<sup>d</sup>, Yu.Ts. Oganessian<sup>c</sup>, O.V. Petrushkin<sup>c</sup>, A.N. Polyakov<sup>c</sup>, D. Piguet<sup>b</sup>, P. Rasmussen<sup>b</sup>, R.N. Sagaidak<sup>c</sup>, A. Serov<sup>a,b</sup>, I.V. Shirokovsky<sup>c</sup>, D.A. Shaughnessy<sup>d</sup>, S.V. Shishkin<sup>c</sup>, A.M. Sukhov<sup>c</sup>, M.A. Stoyer<sup>d</sup>, N.J. Stoyer<sup>d</sup>, E.E. Tereshatov<sup>c</sup>, Yu.S. Tsyganov<sup>c</sup>, V.K. Utyonkov<sup>c</sup>, G.K. Vostokin<sup>c</sup>, M. Wegrzecki<sup>f</sup>, P.A. Wilk<sup>d</sup>

<sup>a</sup>Departement für Chemie und Biochemie, Universität Bern, CH-3012 Bern, Switzerland  
<sup>b</sup>Labor für Radio- und Umweltchemie, Paul Scherrer Institut, CH-5232 Villigen, Switzerland  
<sup>c</sup>Flouov Laboratory of Nuclear Reactions, Joint Institute for Nuclear Research, 141980 Dubna, Russia  
<sup>d</sup>Lawrence Livermore National Laboratory, Livermore, CA 94551, USA  
<sup>e</sup>Forschungszentrum Dresden Rossendorf, D-01314 Dresden, Germany  
<sup>f</sup>Institute of Electron Technology, PL-02-668 Warsaw, Poland

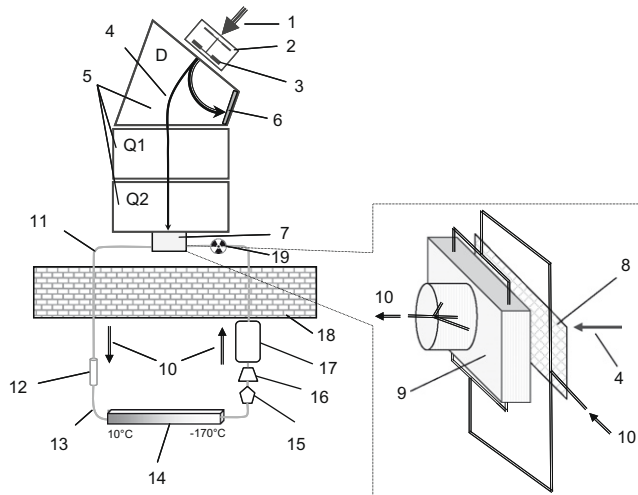


35 days was  $9.7 \times 10^{18}$  particles

1 цепочка распада  ${}^{285}\text{Cn}$  при  $-93^\circ\text{C}$

Вопросы:

- Общая эффективность эксперимента
- Фон по SF
- Торможение ядер отдачи

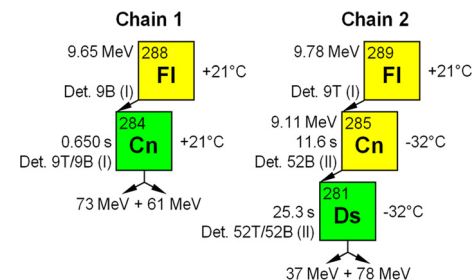
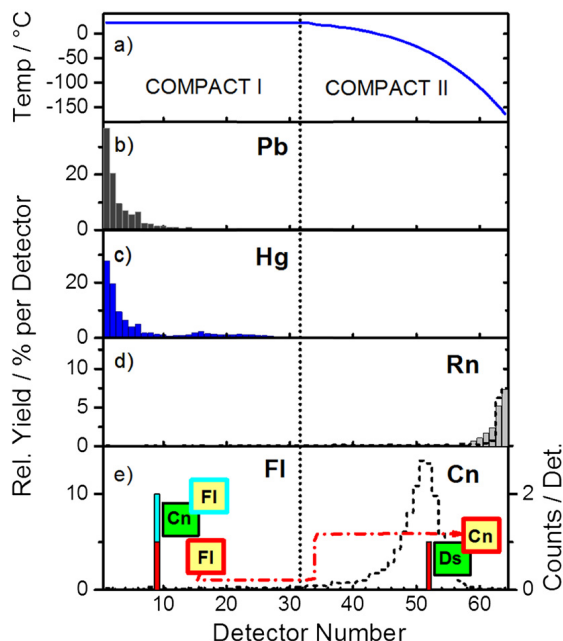
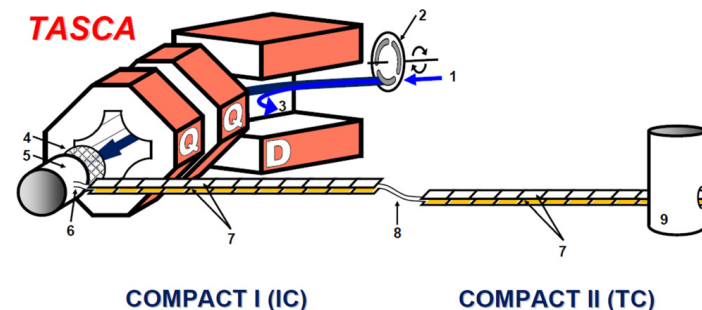




# 5. ЭКСПЕРИМЕНТЫ @TASCA, GSI –FI (Cn) (2009)

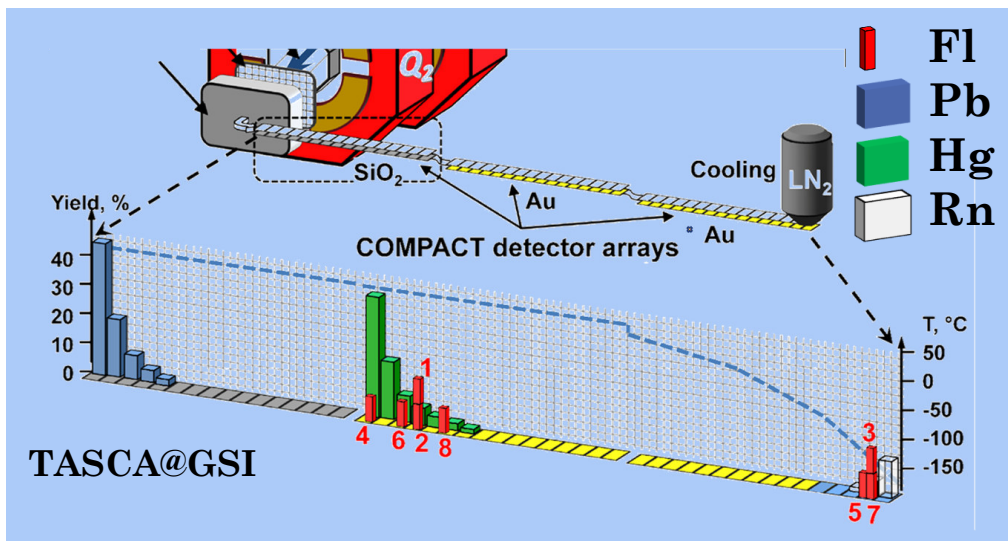
## Superheavy Element Flerovium (Element 114) Is a Volatile Metal

Alexander Yakushev,<sup>†,‡</sup> Jacklyn M. Gates,<sup>†,‡,⊙</sup> Andreas Türler,<sup>†,▲</sup> Matthias Schädel,<sup>‡,▼</sup> Christoph E. Düllmann,<sup>\*,‡,§,||</sup> Dieter Ackermann,<sup>‡</sup> Lise-Lotte Andersson,<sup>⊥</sup> Michael Block,<sup>‡</sup> Willy Brühle,<sup>‡</sup> Jan Dvorak,<sup>#,‡,★</sup> Klaus Eberhardt,<sup>§</sup> Hans G. Essel,<sup>‡</sup> Julia Even,<sup>§</sup> Ulrika Forsberg,<sup>⊖</sup> Alexander Gorshkov,<sup>‡,■</sup> Reimar Graeger,<sup>†,⊗</sup> Kenneth E. Gregorich,<sup>#,</sup> Willi Hartmann,<sup>‡</sup> Rolf-Dietmar Herzberg,<sup>⊥</sup> Fritz P. Heßberger,<sup>‡,||</sup> Daniel Hild,<sup>§</sup> Annett Hübner,<sup>‡</sup> Egon Jäger,<sup>‡</sup> Jadamba Khuyagbaatar,<sup>‡,||</sup> Birgit Kindler,<sup>‡</sup> Jens V. Kratz,<sup>§</sup> Jörg Krier,<sup>‡</sup> Nikolaus Kurz,<sup>‡</sup> Bettina Lommel,<sup>‡</sup> Lorenz J. Niewisch,<sup>§</sup> Heino Nitsche,<sup>#,‡</sup> Jon Petter Omtvedt,<sup>◆</sup> Edward Parr,<sup>⊥</sup> Zhi Qin,<sup>¶</sup> Dirk Rudolph,<sup>⊖</sup> Jörg Runke,<sup>‡</sup> Brigitta Schausten,<sup>‡</sup> Erwin Schimpf,<sup>‡</sup> Andrey Semchenkov,<sup>◆</sup> Jutta Steiner,<sup>‡</sup> Petra Thörle-Pospiech,<sup>§,||</sup> Juha Uusitalo,<sup>⊖</sup> Maciej Wegrzecki,<sup>●</sup> and Norbert Wiehl<sup>§,||</sup>



Высокая летучесть и инертность по сравнению со свинцом  
Хемосорбция на золоте и металлические свойства

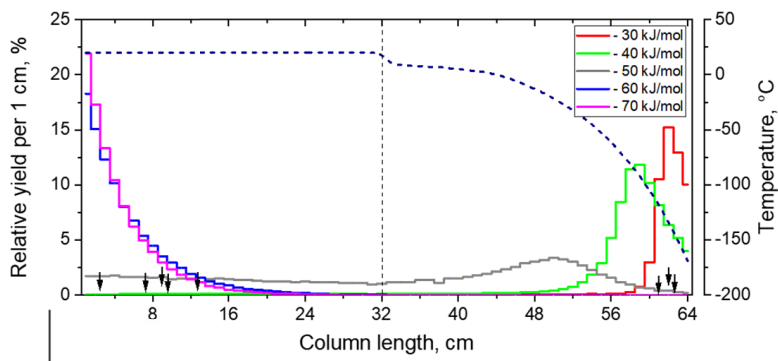
## 6. ЭКСПЕРИМЕНТЫ @TASCA, GSI – FI (2014-2015)



+6 цепочек распада

Результаты не опубликованы

Слайд предоставлен  
А.Б. Якушевым (TASCA, GSI)



The standard adsorption model failed to describe experimental results for a single FI species → **formation of a FI compound?**

**In either scenario – chemisorption on an inhomogeneous Au surface or compound formation – FI atoms form a chemical bond**

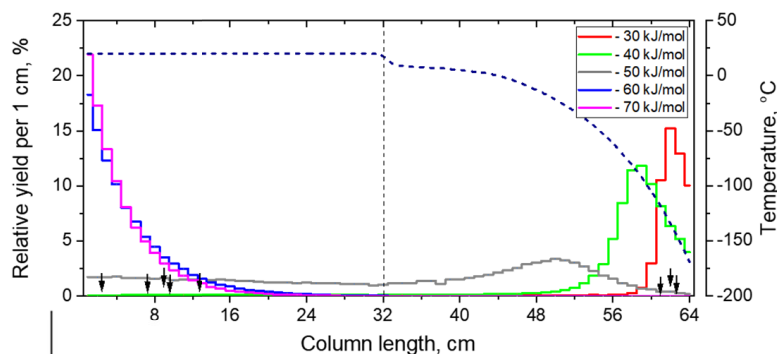
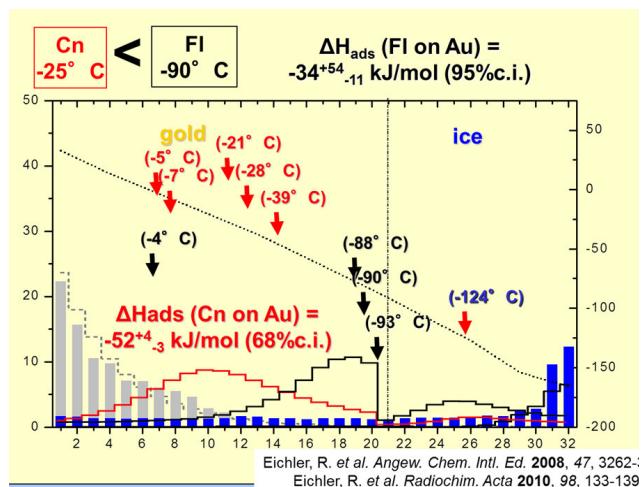


# ОБСУЖДЕНИЕ

## Итоги

- Эксперименты поставлены на самом высоком уровне.
- Наблюдаемая летучесть и адсорбция Cn на золоте в хорошем согласии как с предсказаниями, так и термодинамическими зависимостями в 12 группе, моделью адсорбции и расчетами.
- В серии экспериментов PSI/ЛЯР высокая летучесть FI и физисорбция на золоте могут быть интерпретированы, как наблюдаемое впервые сильное влияние РЭ на свойства СТЭ и отклонение свойств FI от групповых свойств. Однако малое число зарегистрированных атомов, условия экспериментов и фоновые условия определяют высокие погрешности определенных величин.
- Противоречивые результаты получены в экспериментах в GSI.

**Наблюдались две зоны осаждения FI.** Вывод авторов – высокая летучесть FI, хемосорбция на золоте, металлические свойства.



## Причины разброса данных

- В хроматографии осаждение элемента в двух зонах происходит по причине образования двух химических форм.

В обоих эксперимента есть условия образования оксидов Fl: горячие атомы, вода, кислород, разная постановка эксперимента. Стабильность оксидов? Адсорбция на кварце? Адсорбция или разложение в установке.

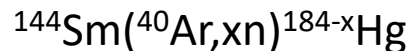
- Интерпретация данных:

Условия для размытия хроматографического пика:

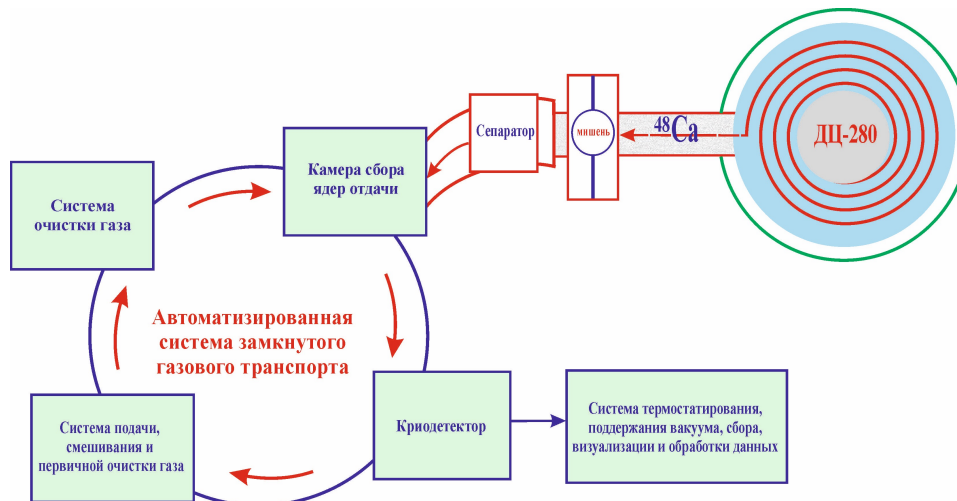
- изменение (загрязнение) поверхности золота (не контролировалась на TASCA); уникальные свойства Fl: модель «активированной адсорбции»;
  - новые экспериментальные условия – ядра отдачи после сепаратора, влияние примеси, впервые не добавляется носитель или реагирующий макрокомпонент, высокая скорость газа-носителя, неравновесные условия;
  - моделирование хроматографического пика: низкая статистика, модель и др.
- Детектирование: высокий фон.

- Химия FI – самая актуальная проблема в химии СТЭ
- Фабрика СТЭ – новые эксперименты с высокой статистикой и низким фоном
- Теория – стабильность оксидов и образование в газе
- Образование оксидов – эксперименты с целью получения/разложения HgO и SnO – первый эксперимент на Фабрике

**20 июня -7 июля 2022:**  
**«первый» химический эксперимент на Фабрике СТЭ**



Общая схема ГХ экспериментов на установке Криодетектор  
 после сепаратора ГРАНД

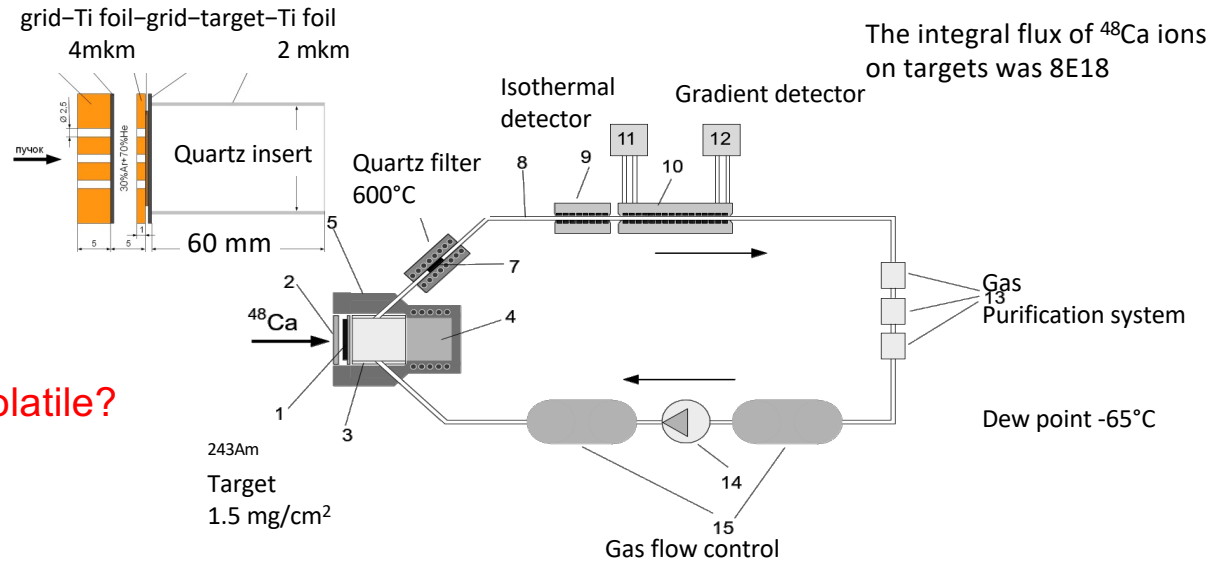


Спасибо за внимание!



adsorption on gold

Is element 113 a volatile?



S.N. Dmitriev et al., Mendel. Comm., 24, 253 (2014)

N.V. Aksenov et al., Eur. Phys. J. A (2017) 53: 158

First experimental results of a chemical investigation of element 113 independently confirm the synthesis of the new elements 115 and 113

Indicate a chemical behaviour resembling a species with a high volatility, a weak interaction with inert surfaces and an enhanced reactivity towards gold surfaces

Gas Chromatography behind a pre-separator under ultrapure gas conditions showed zero events from 5 expected at low efficiency

