



**Эксперимент  $\mu$ SAR      1999-2007 гг.**

**Эксперимент  $\mu$ Sun      2008-2013 гг.**



Завершающий сеанс набора статистики август-октябрь 2007 года.





# Газовые системы в эксперименте $\mu$ CAP, Швейцария, PSI

К 2007 году в ПИЯФ были созданы 2 базовых системы обеспечения сверхчистым газом:

1. Криогенная циркуляционная система для поддержания низкого уровня атмосферных примесей (кислород, азот, аргон и вода) в TPC – CHUPS.
2. Криогенная разделительная колонна для удаления дейтерия из водорода.

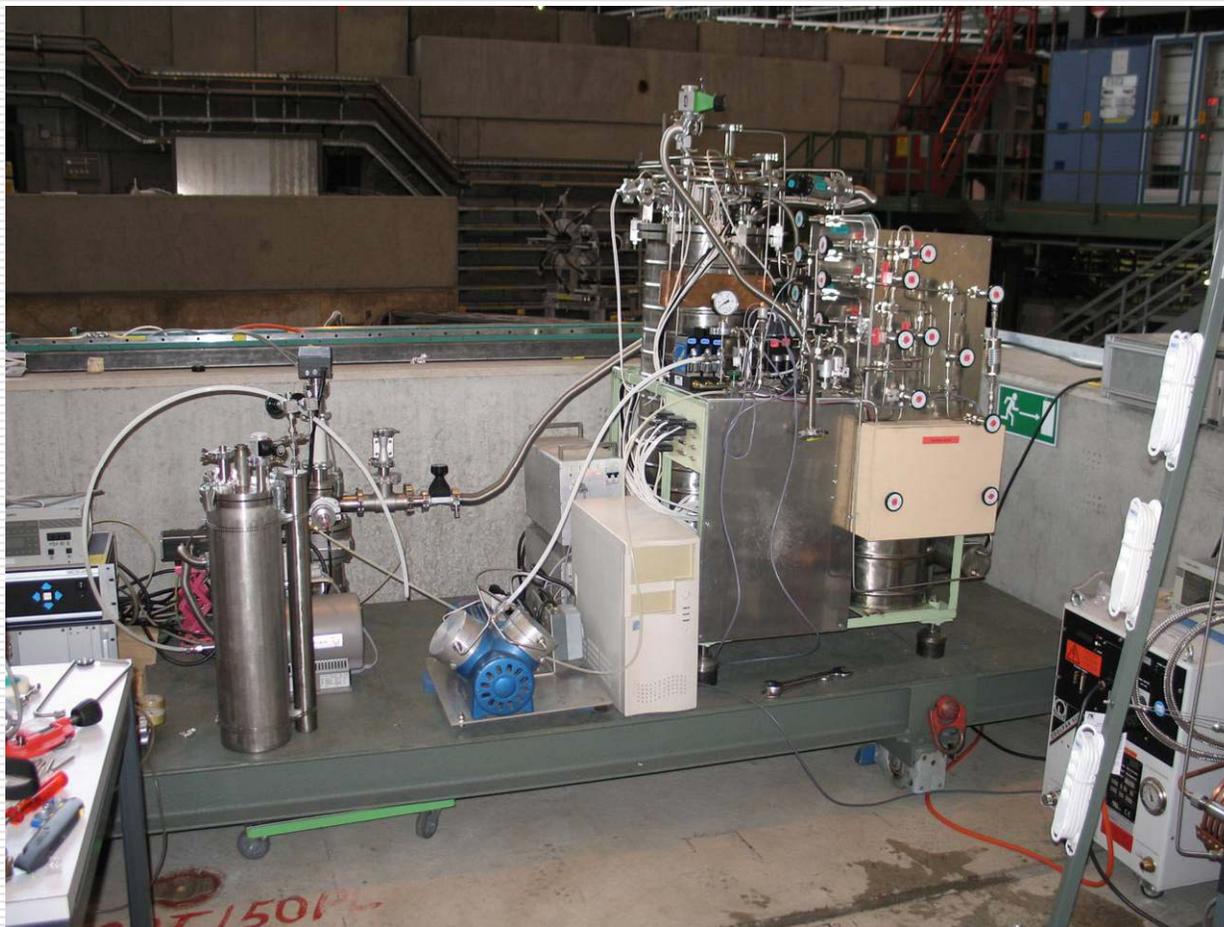




# Циркуляционная система CHUPS

В процессе эксперимента в непрерывном режиме удалось поддерживать в ТРС:

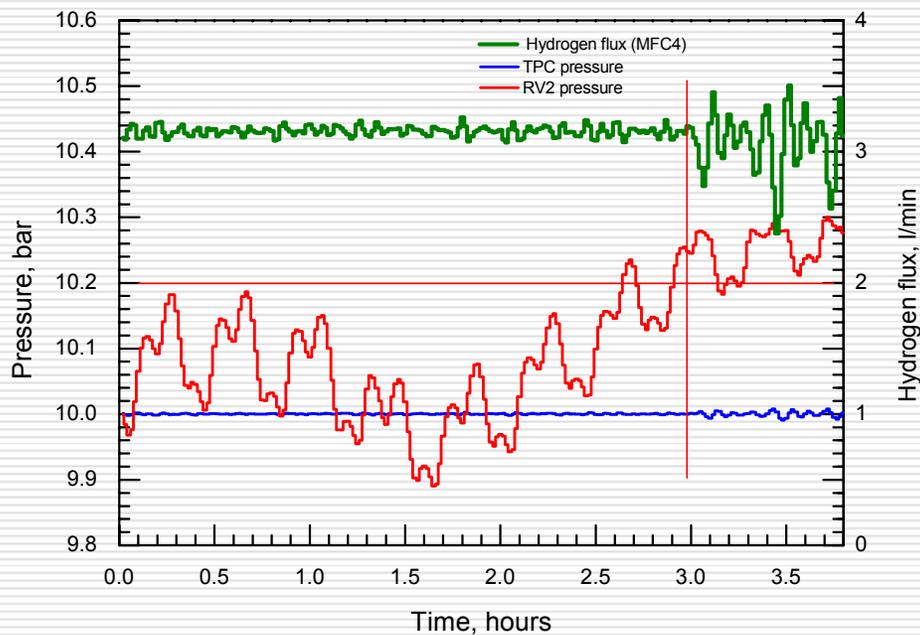
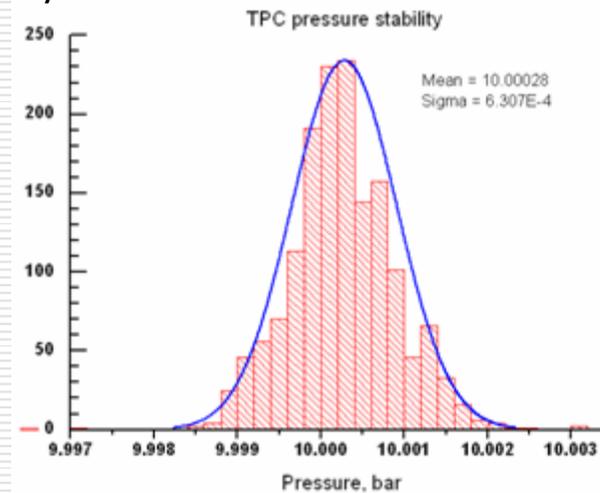
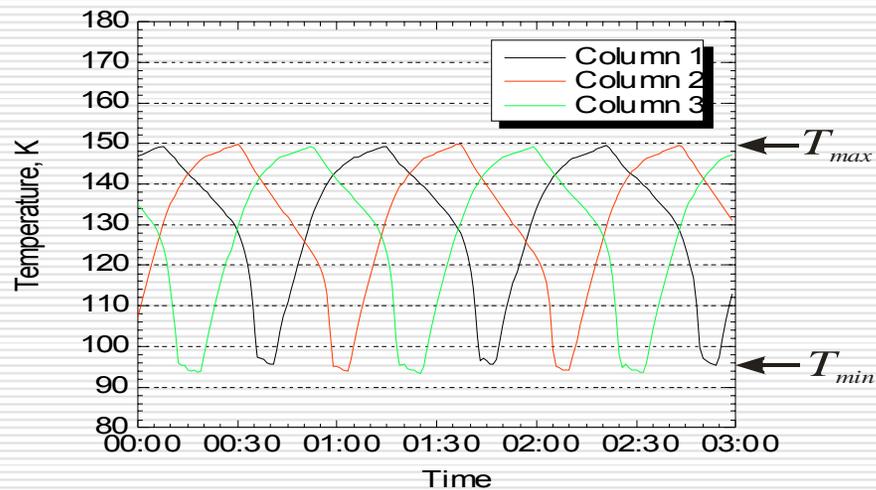
1. Постоянный поток водорода 5 нормальных литров в минуту (увеличен с 3 до 5);
2. Давление  $10.000 \pm 0.001$  бар (параметр без изменений);
3. Содержание кислорода менее чем 2 ppb ( $2 \cdot 10^{-9}$ ) (хроматографические данные);
4. Содержание азота в ТРС  $11 \pm 8$  ppb (хроматографические данные усредненные за весь сеанс);
5. Содержание воды в ТРС  $10 \pm 9$  ppb (специальный датчик влажности).

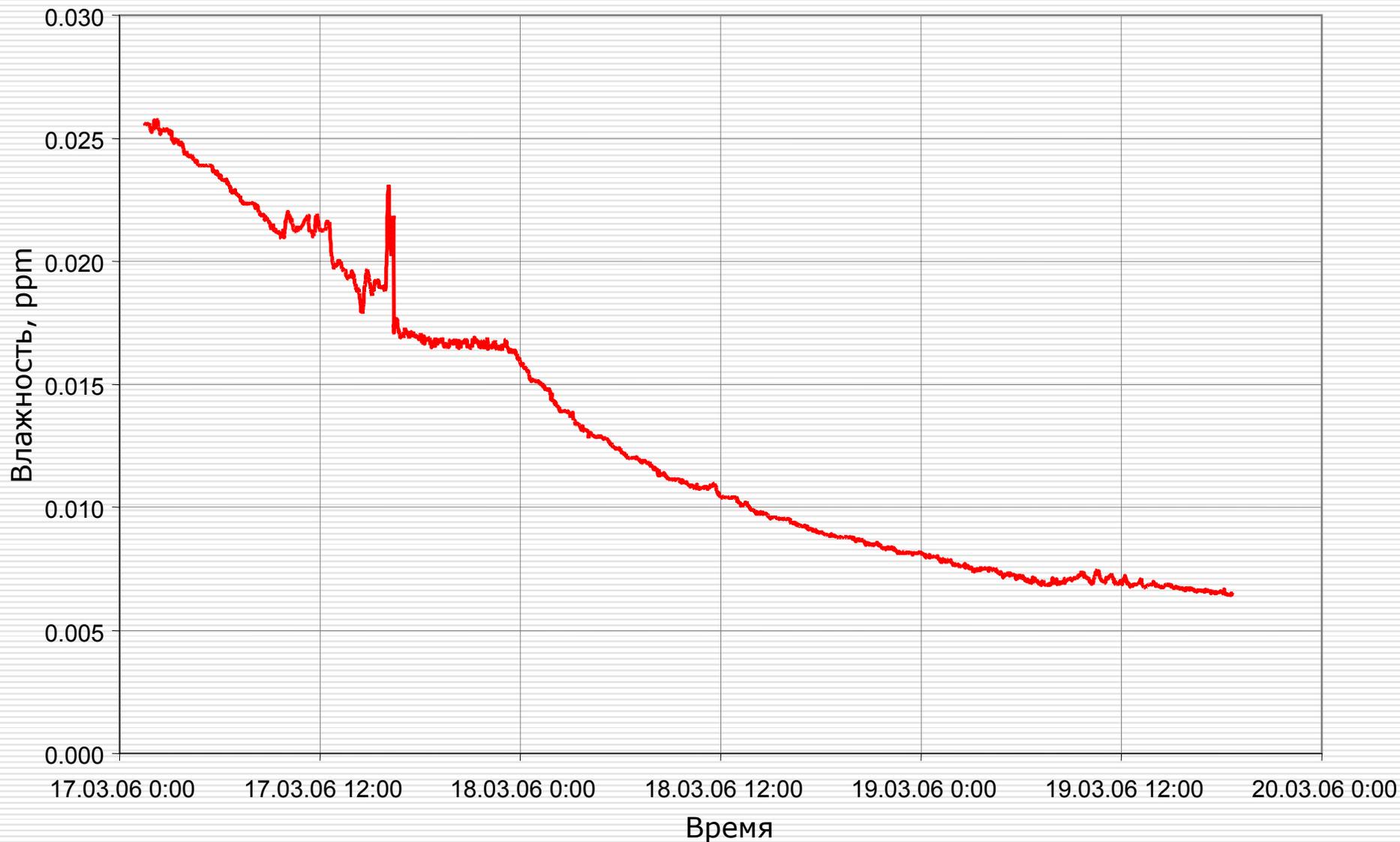




# Циркуляционная система CHUPS

Поток водорода 3 л/мин.

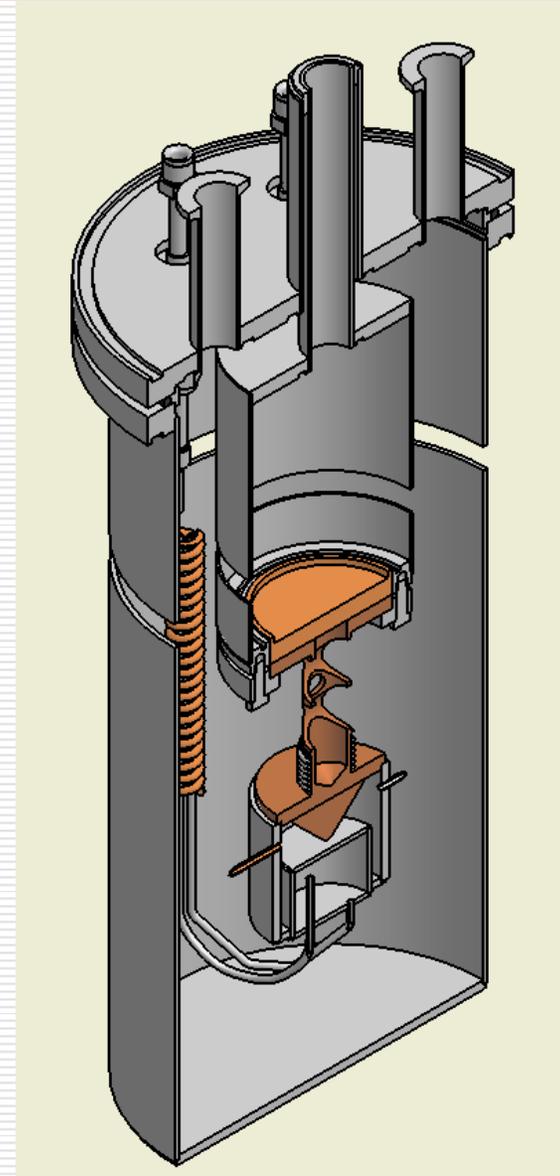




в ЛКСТ была создана система  
эталонной влажности основанная на  
использовании жидкого Xe.

**$75 \pm 24$  ppb** по датчику влажности,  
что соответствует

**$65.11 \pm 0.22$  ppb.**





## **Лаборатория Криогенной и Сверхпроводящей техники**

А.А. Васильев, М.Е. Взнуздаев, П.А. Кравцов, В.А. Трофимов

## **Лаборатория разделения изотопов водорода**

И.А. Алексеев, Е. Архипов, С.Д. Бондаренко, О.А. Федорченко. Т.В. Васянина

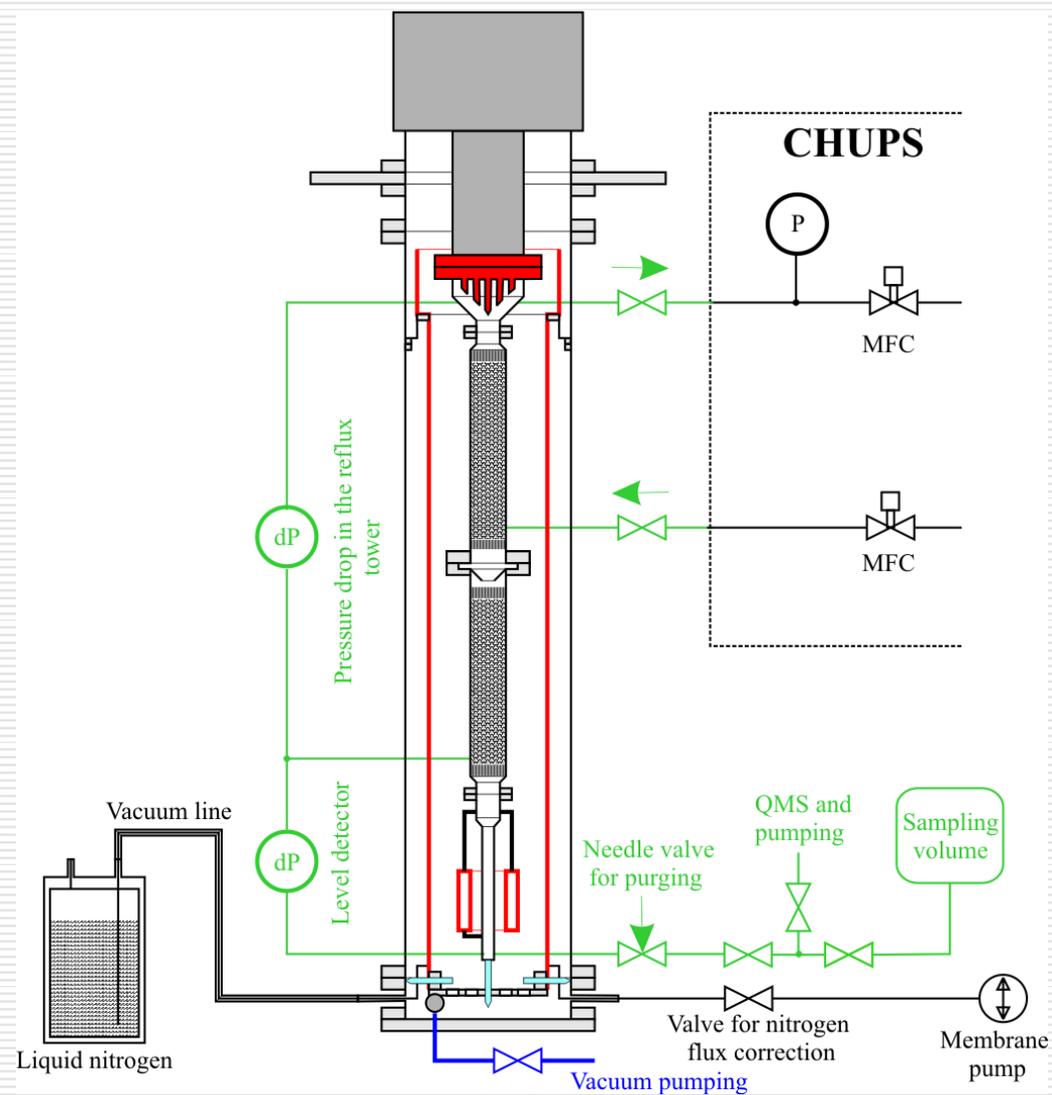
## **Группа прикладной радиохимии**

Г.Н. Шапкин, В.А. Ганжа

**2004 - 2006**

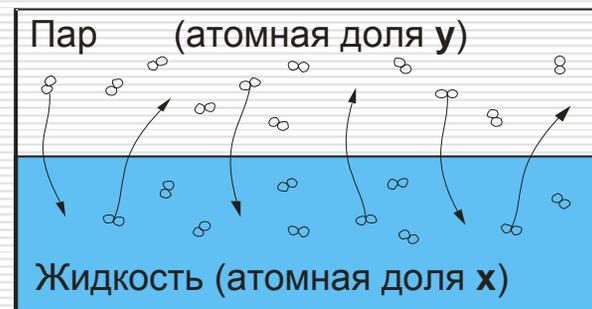
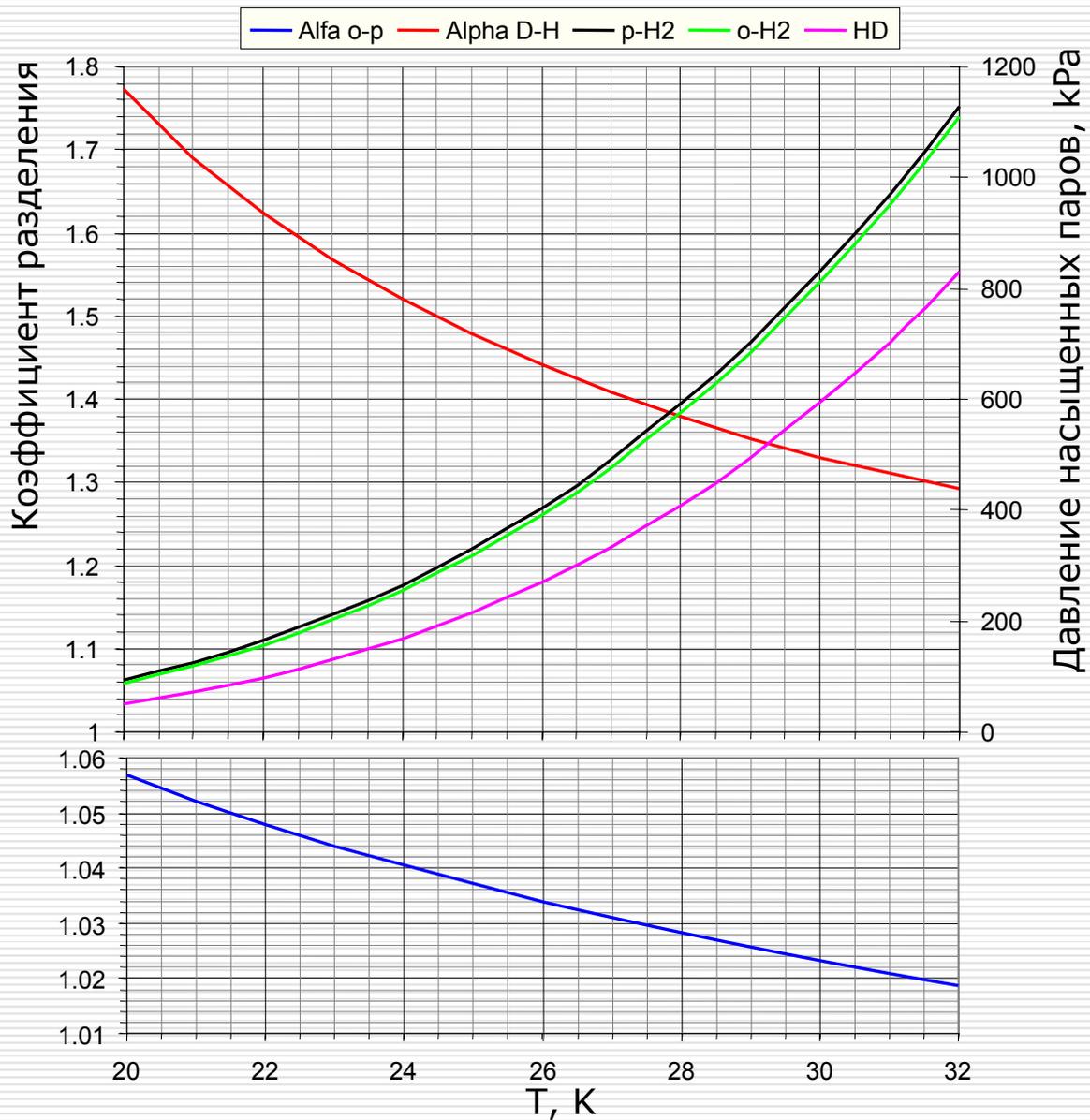


# Криогенная разделительная колонна





# Криогенная разделительная колонна



При установлении динамического равновесия содержание низкокипящего компонента в  $\alpha$  раз больше в жидкой фазе

$$\alpha_{o-p} = \frac{P_{Sat.Para}}{P_{Sat.Ortho}}$$
$$\alpha_{D-H} = \frac{P_{Sat.H_2}}{P_{Sat.HD}}$$



## Характеристики:

- Размер: 2x2x0.2 мм
- Доля свободного объема: 0.82
- Удельная поверхность: 3490 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>
- Насыпная плотность: 1430 кг/м<sup>3</sup>
- Материал: нержавеющая сталь

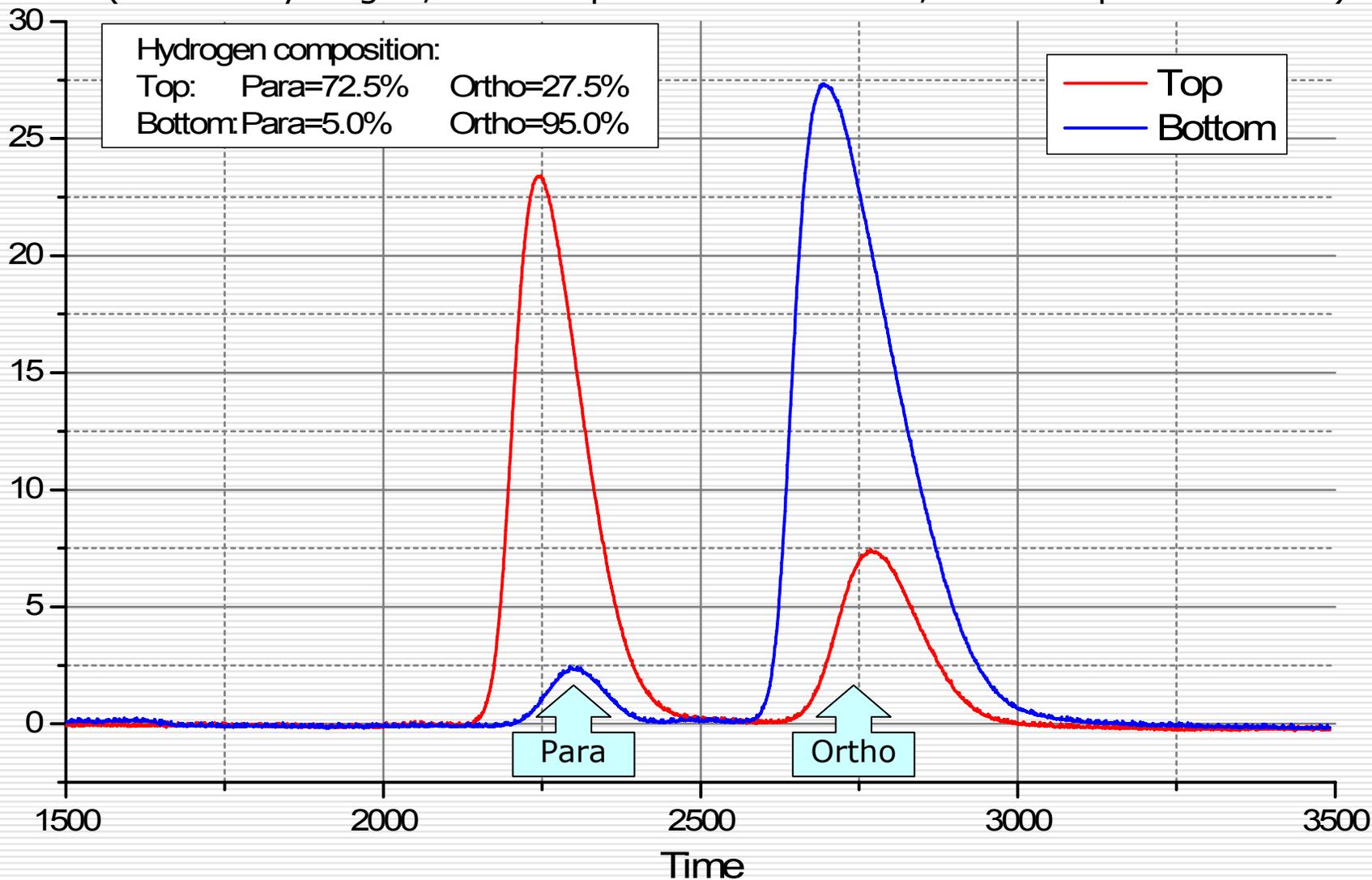
Общий объем насадки  
в колонне = 560 см<sup>3</sup>  
Общая поверхность  
насадки = 1.95 м<sup>2</sup>





# Криогенная разделительная колонна

(Natural hydrogen, Column pressure = 1.2 bar; Reboiler power = 10W)





# Криогенная разделительная колонна

Высота Эквивалентной Теоретической Ступени (НЕТР) = 2.2 см является одним из наилучших результатов, когда-либо получаемых в мире на криогенных колоннах низкой и средней мощности. Величина НЕТР почти не изменяется в широком диапазоне нагрузок и давлений.

В процессе подготовки эксперимента было произведено из **нормального** (130 ppm дейтерия):  
3 м<sup>3</sup> протия с содержанием дейтерия **менее 6 ppb** ( $6 \cdot 10^{-9}$ ).

**Это абсолютный мировой рекорд.**

Лучший протий на сегодняшний день содержит 500 ppb дейтерия.

Образец сверхчистого водорода (нулевая проба) позволил **ETH Zurich** на порядок увеличить точность измерения содержания дейтерия (с 60 ppb до 6 ppb). Такая калибровка важна для измерения распределения концентрации дейтерия в мировом океане, в современных и реликтовых льдах.

Institute of Particle Physics HPK, ETH Honggerberg CH-8093 Zurich, Switzerland

M. Suter et al., Advances in particle identification in AMS at low energies. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 259 (2007) 165–172.

## **NHA annual hydrogen conference 2008. Mach 2008.**

Paper #3929

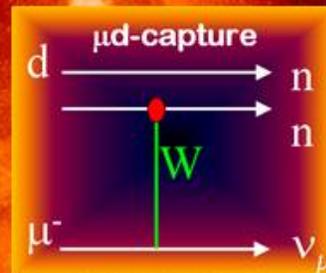
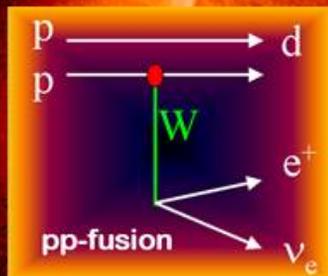
**Production of hydrogen with deuterium concentration less than 0.01 ppm by cryogenic distillation method**

A. Vasilyev, I. Alekseev, T. Banks, O. Fedorchenko, V. Ganzha, P. Kravtsov, P. Kammel, C. Petitjean, G. Semenchuk, V. Trofimov and M. Vznuzdaev.



# “Calibrating the Sun” via Muon Capture on the Deuteron

“MuSun”



model-independent connection via EFT &  $L_{1A}$

## Goal

total  $\mu d$  capture rate to 1% precision

## Motivation

- first precise measurement of basic EW reaction in 2N system, **benchmark measurement with 10x higher precision**
- impact on fundamental astrophysics reactions (SNO, pp)
- comparison of modern high precision calculations
- high precision feasible by  $\mu$ Cap technique and careful optimization



