

**Измерение температуры газового
потока на выходе химического
генератора синглетного кислорода
(ХГСК) методами спектроскопии**

**Ю. А. Адаменков, А.А. Адаменков, Л.А. Вдовкин,
Ю.В. Колобянин**

**РФЯЦ-ВНИИЭФ (ИЛФИ)
г. Саров**

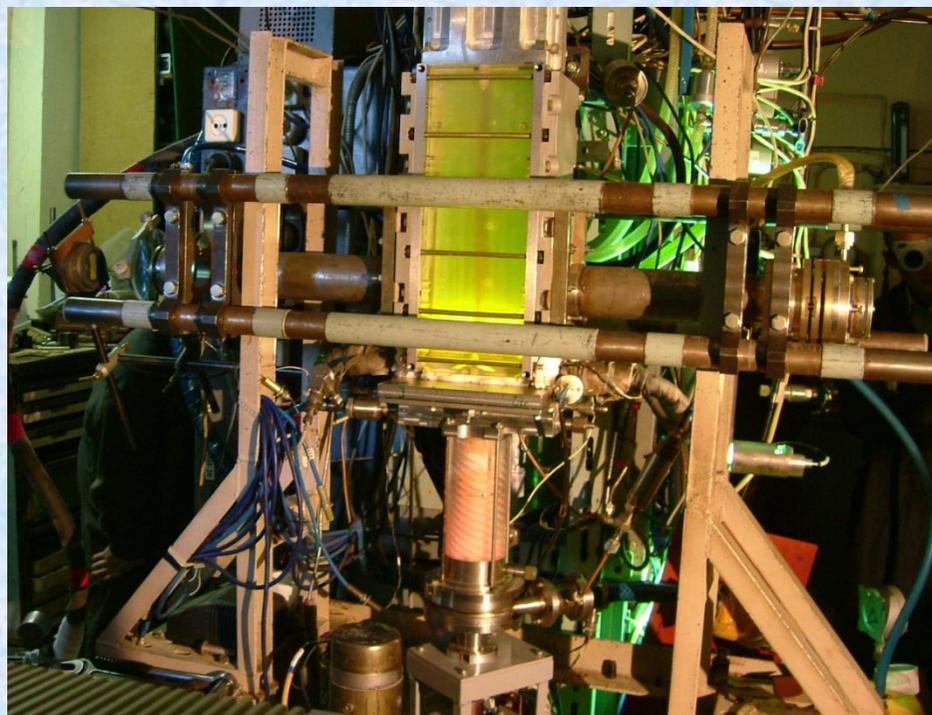
Установки кислородно-йодных лазеров во ВНИИЭФ (ИЛФИ)

КИЛ – 10



(Квантовая электроника **37**(7) , 2007)

СИНГЛЕТ



(Квантовая электроника **41**(12) , 2011)

УСТРОЙСТВО ГСК

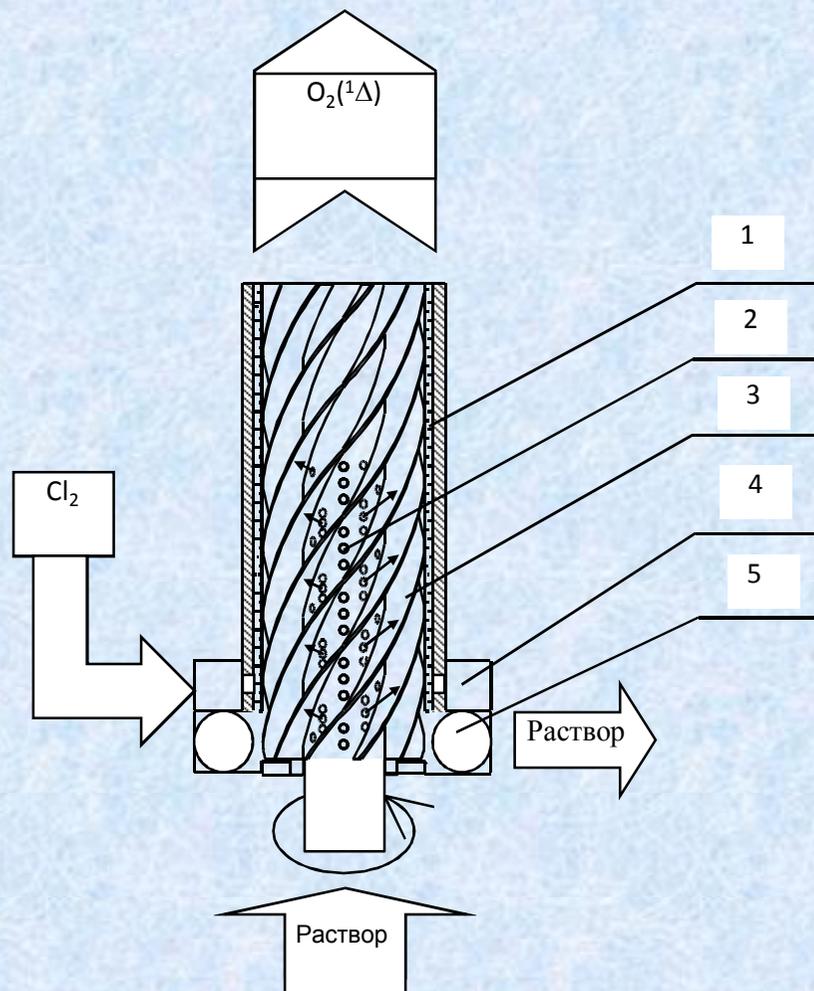
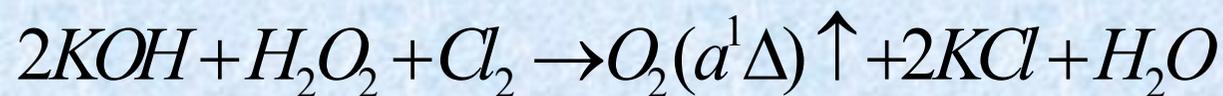


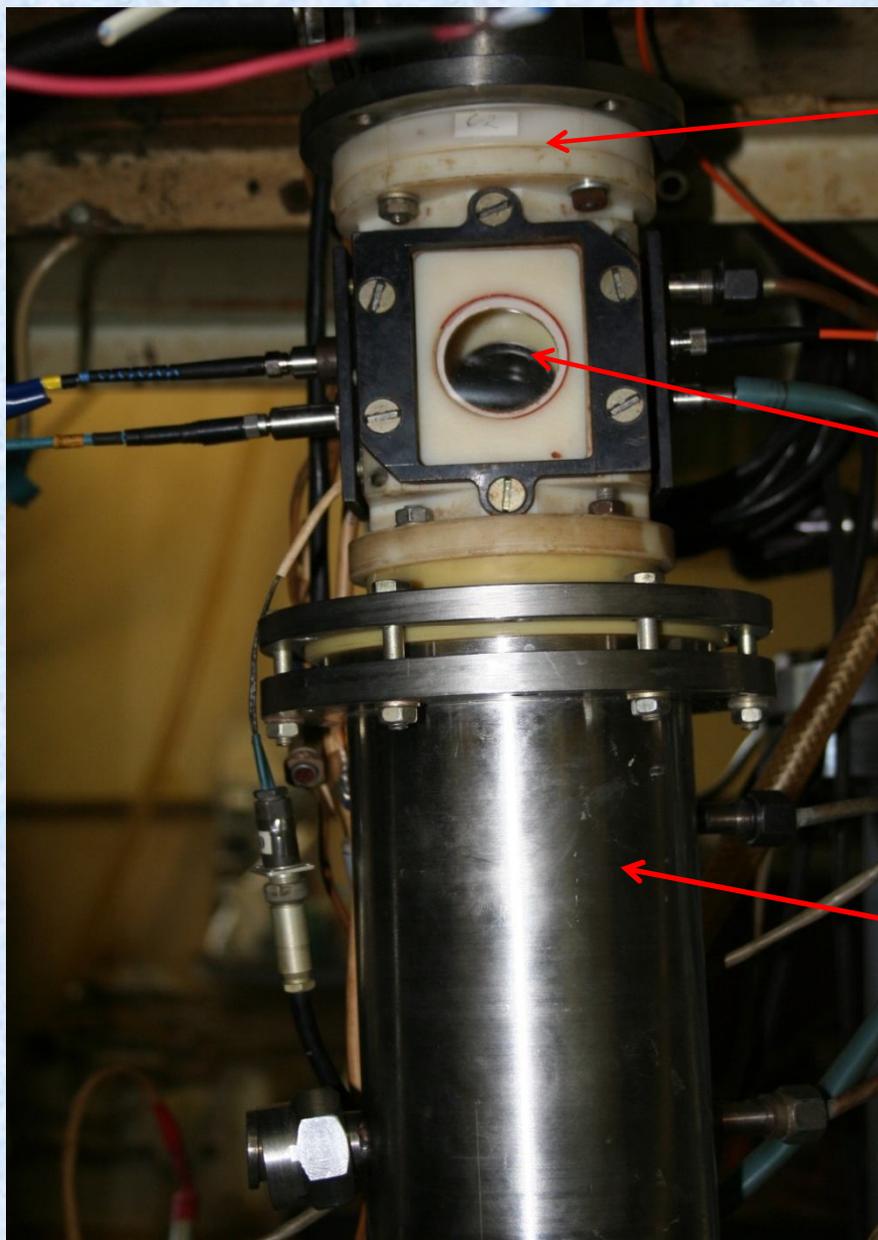
Схема ХГСК с закрученным
аэрозольным потоком:

- 1 – цилиндрический корпус реактора;
- 2 – отверстия для подачи жидкости в реактор;
- 3 – 8-лопастный шнек;
- 4 – хлорный коллектор;
- 5 – отвод отработанной жидкости.



(Квантовая электроника 32(6) 490 – 494, 2002)

Вид ГСК с измерительной секцией



Сверхзвуковое сопло

Измерительная секция
($O_2(a^1\Delta)$, Cl_2 , H_2O ,
температура)

ГСК

Выбор методики измерения температуры

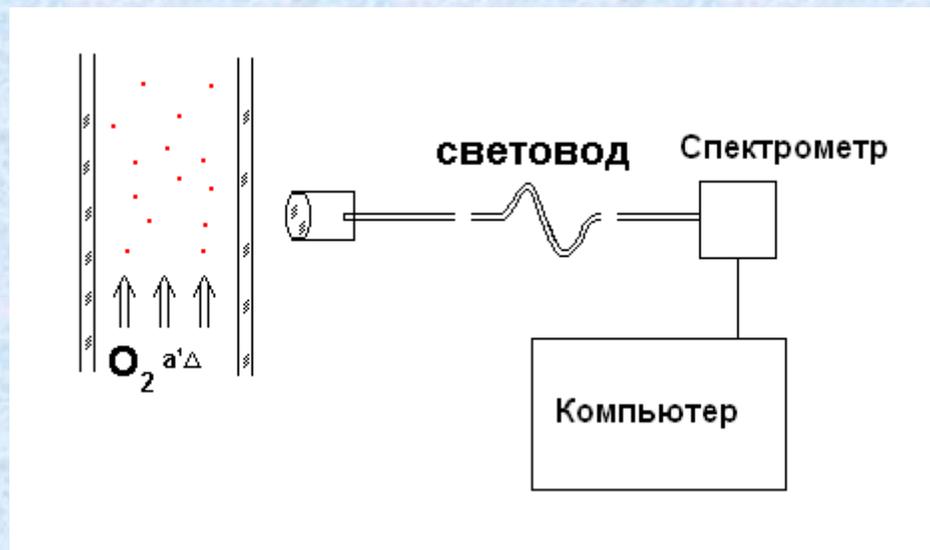
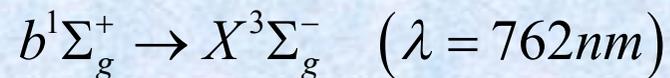
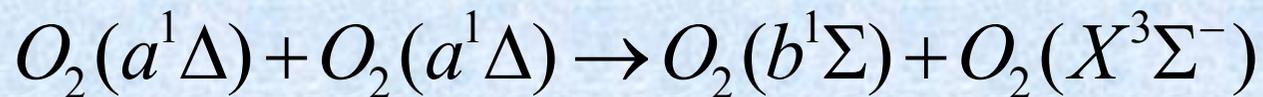
1. Термодатчики (термопара) – не подходит из-за воспламенения ТП

2. Оптические методы

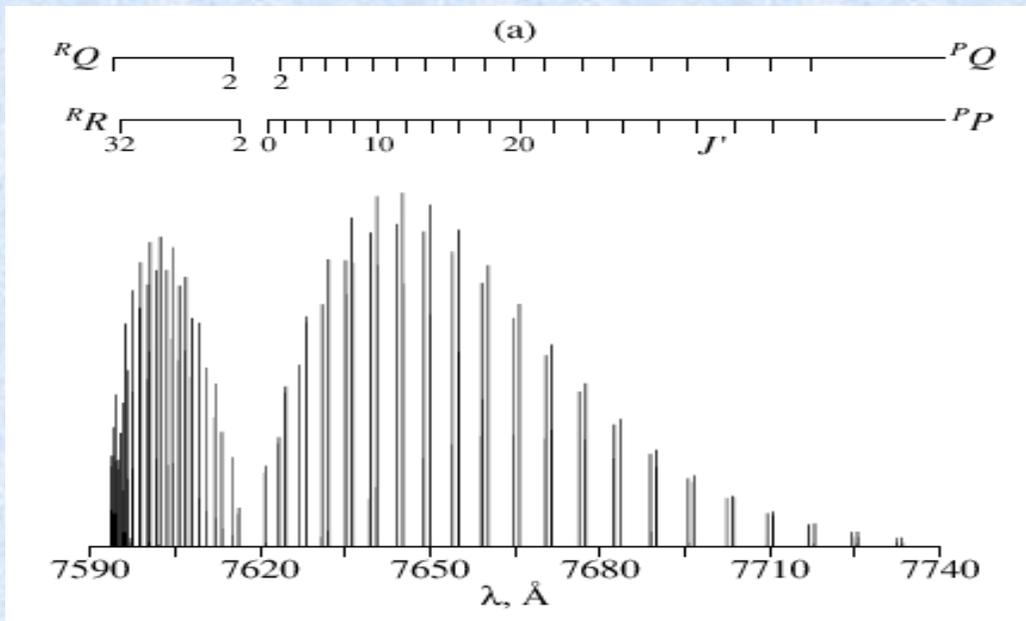
2а) Методы эмиссионной спектроскопии (синглетный кислород)

2б) Анализ линий поглощения (вода)

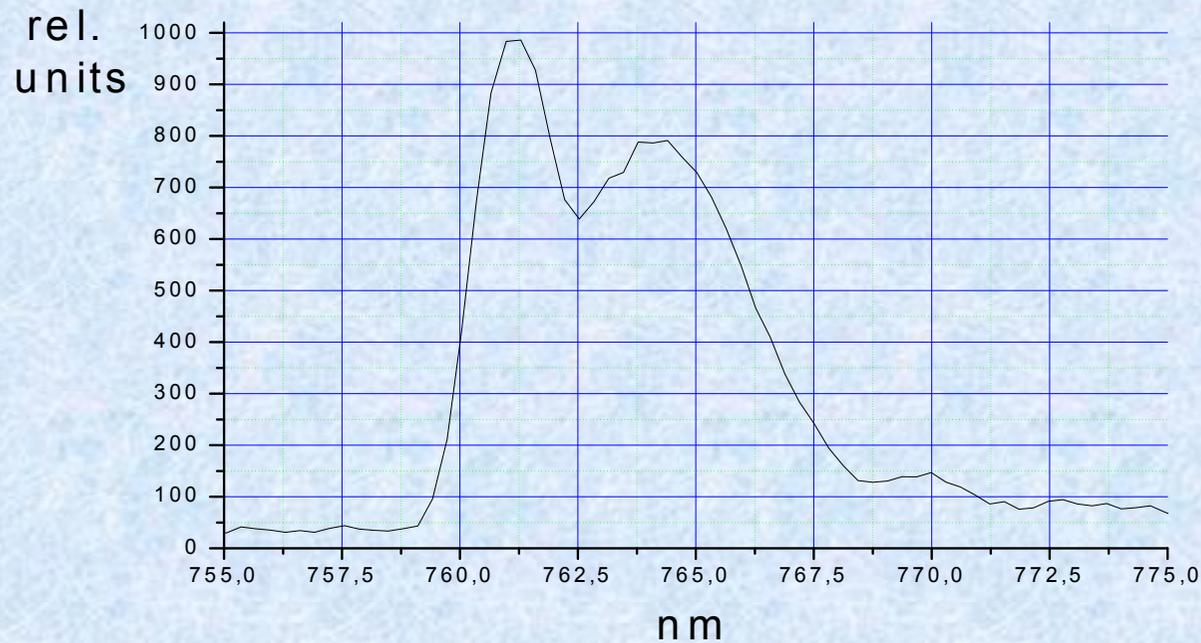
Измерение температуры по полосе свечения кислорода



Спектроскопия перехода $O_2(b^1\Sigma_g^+) \rightarrow O_2(X^3\Sigma_g^-)$



Расчётный спектр перехода
 $O_2(b^1\Sigma_g^+) \rightarrow O_2(X^3\Sigma_g^-)$
без аппаратного уширения
спектрального прибора

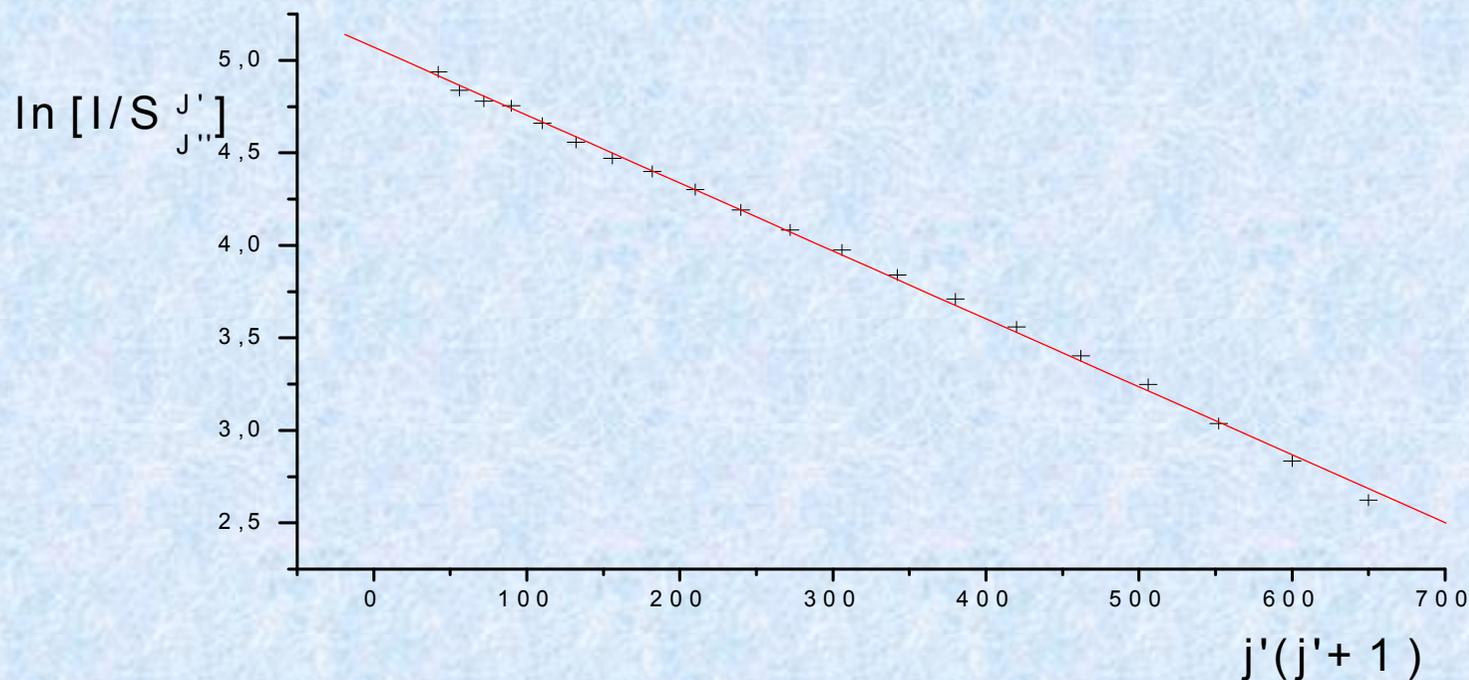


Спектр, полученный
с помощью портативного
спектрометра
SD2000 (Ocean Optics)
($R \sim 0,7 \text{ нм}$)

Распределение интенсивностей вращательных компонент для P – ветви

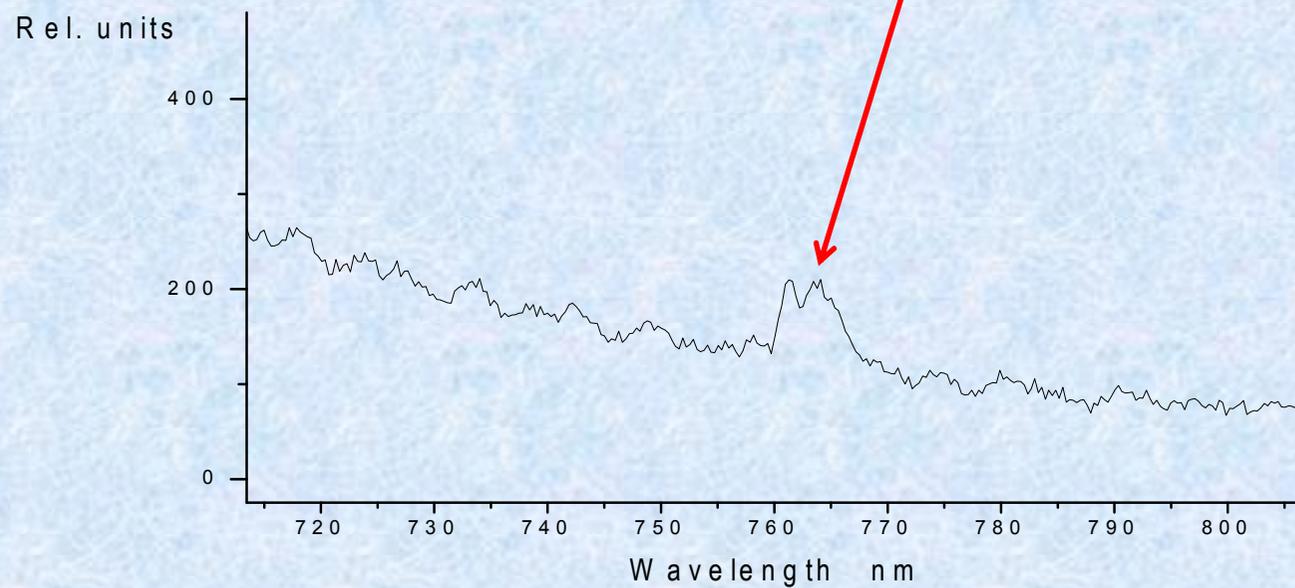
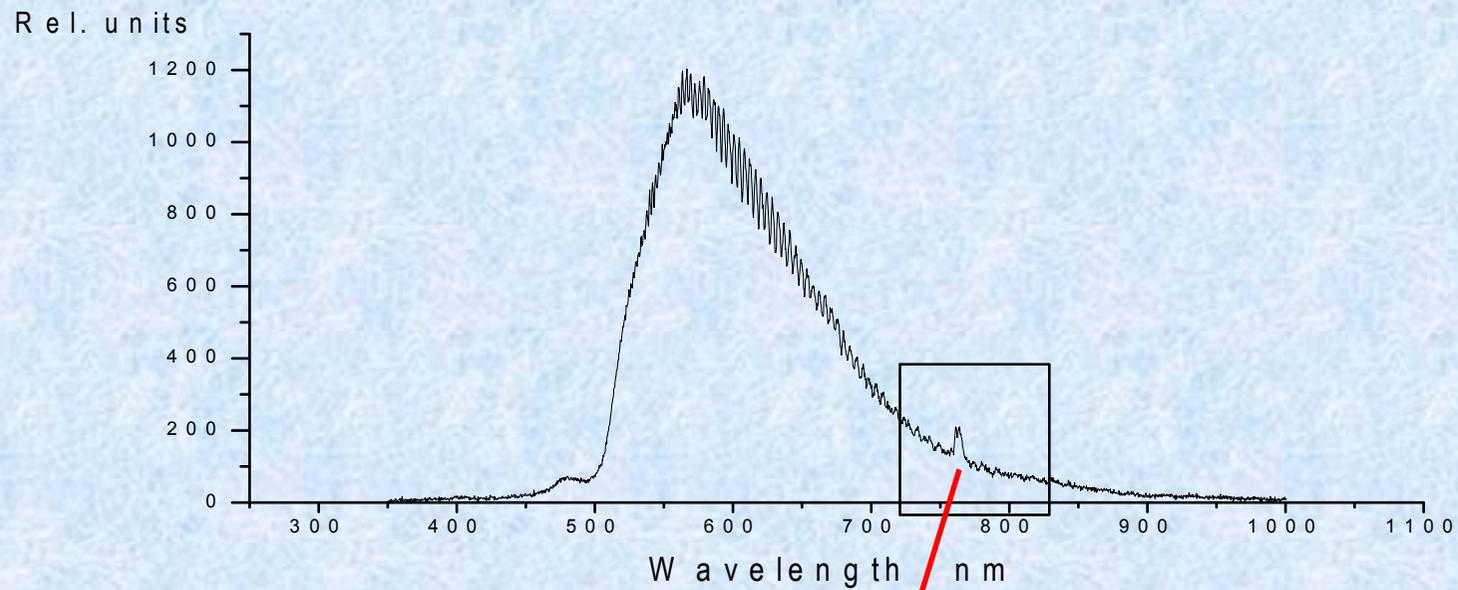
$$I_{J''}^{J'} = CS_{J''}^{J'} \exp\left(-\frac{F_{J'}hc}{kT}\right) \quad F_{J'} = B_{v'=0}J'(J'+1) - D_{v'=0}(J'(J'+1))^2$$

$$S_{J''}^{J'} = \frac{1}{2*(J''+0,87)} - \text{“Объединённый” фактор Хенля-Лондона для } P \text{ – ветви}$$

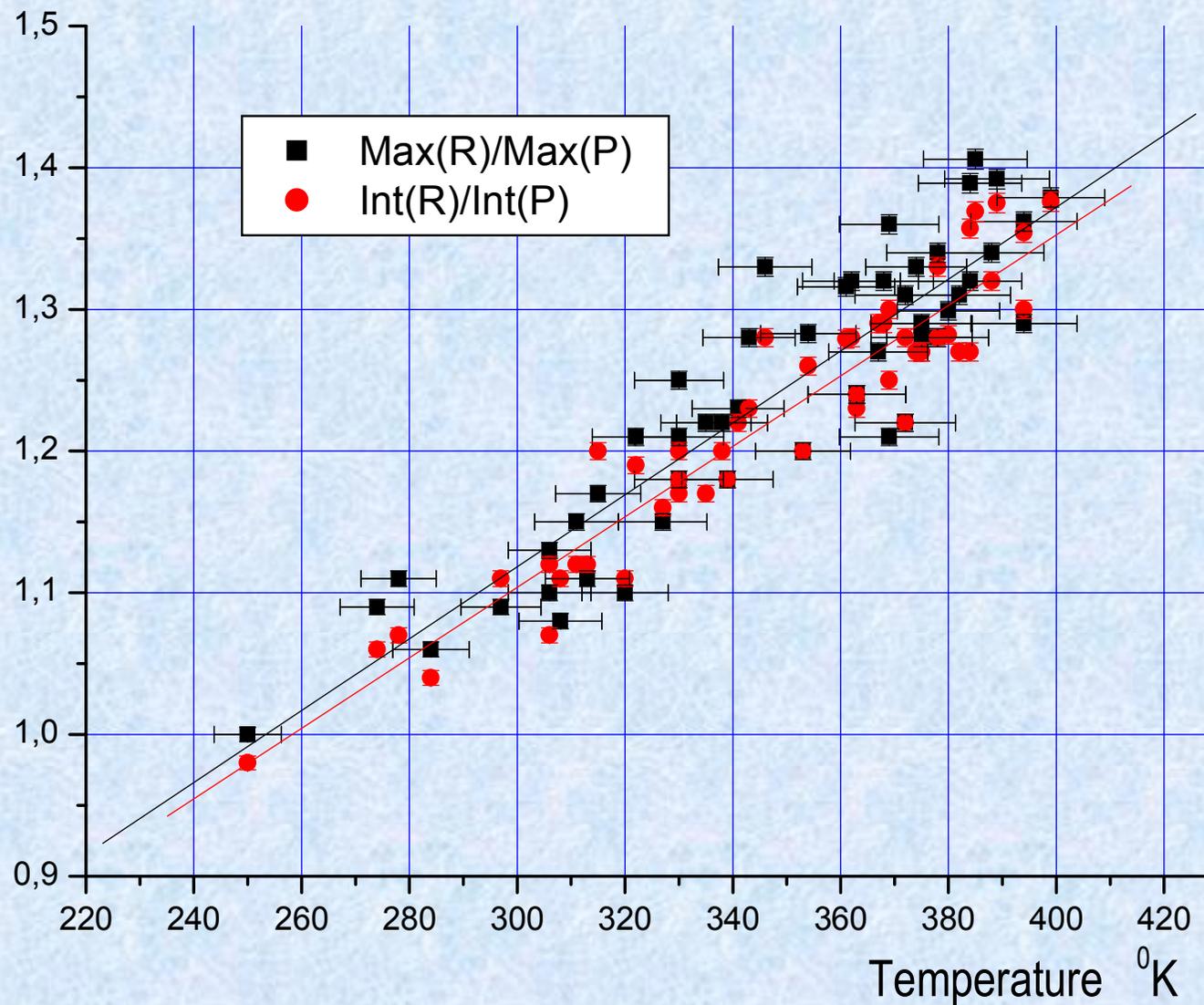


Данные обработки спектра излучения и линейная регрессия

Спектр излучения из области оптического резонатора при смещении СК с йодом

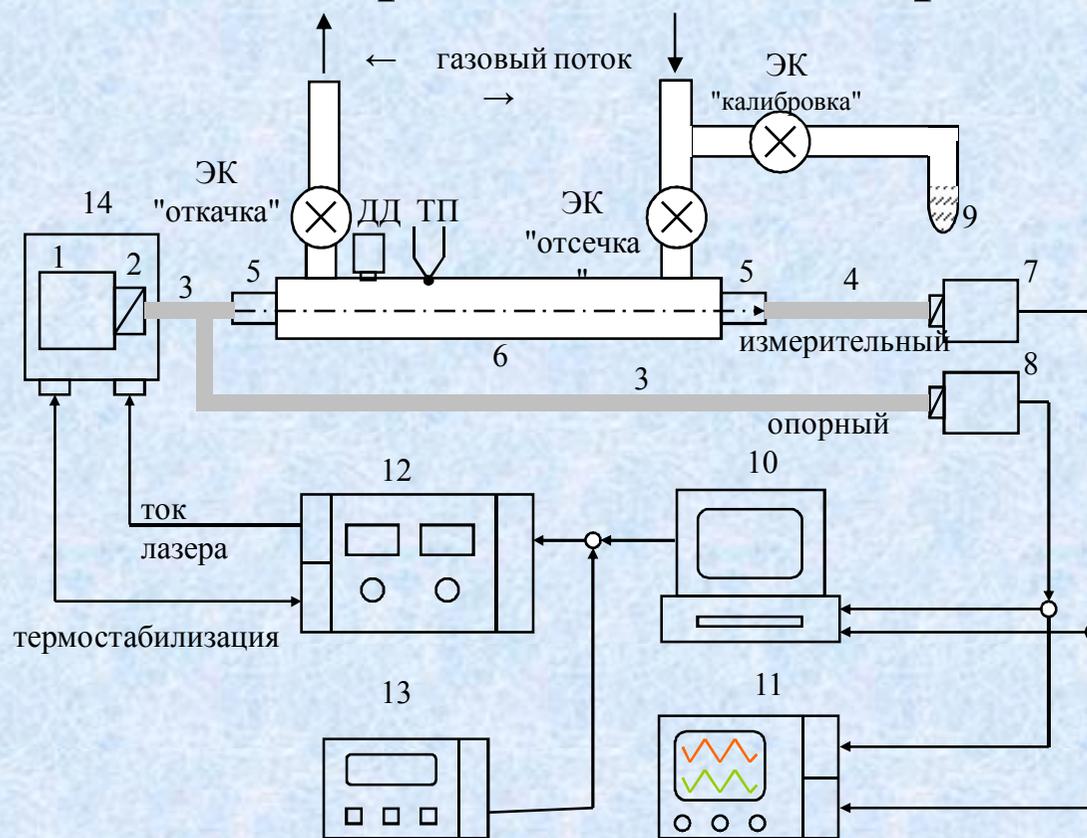


Зависимость отношения максимумов P - и R - ветвей от температуры для различных экспериментов



Измерение температуры по линии поглощения паров воды

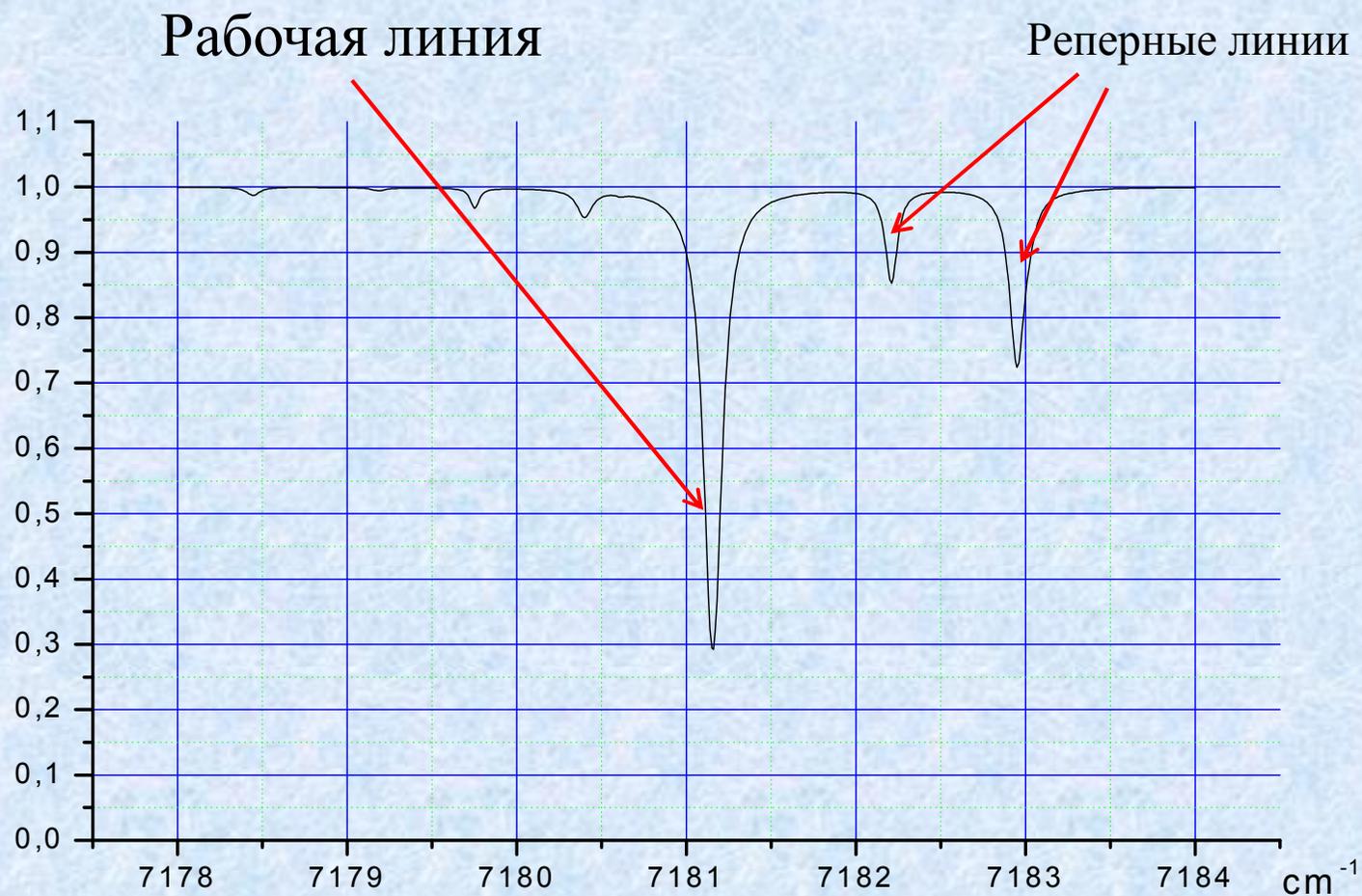
Экспериментальная установка для измерения концентрации водяного пара



Структурная схема системы измерения концентрации паров воды.

- 1 – лазерный модуль; 2 – оптическая схема; 3,4 – световоды; 5 – световодные адаптеры; 6 – измерительная кювета;
7,8 – фотоприёмники; 9 – емкость с водой; 10 – персональный компьютер с инструментальной платой; 11 – осциллограф; 12 – блок управления и контроля; 13 – функциональный генератор; 14 – корпус для размещения лазерного модуля; ТП – термопара; ДД – датчик давления, ЭК – электроклапаны системы управления.

Смоделированный спектр пропускания воздушной среды, содержащей водяные пары



Расчётная модель

$$I(\nu) = I_0(\nu) \cdot e^{-n \cdot l \cdot J \cdot \Phi(\nu_0)}$$

$$\Phi^V(\nu^j - \nu) = \frac{k_0 y}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{e^{-t^2}}{y^2 + (x - t)^2} dt;$$

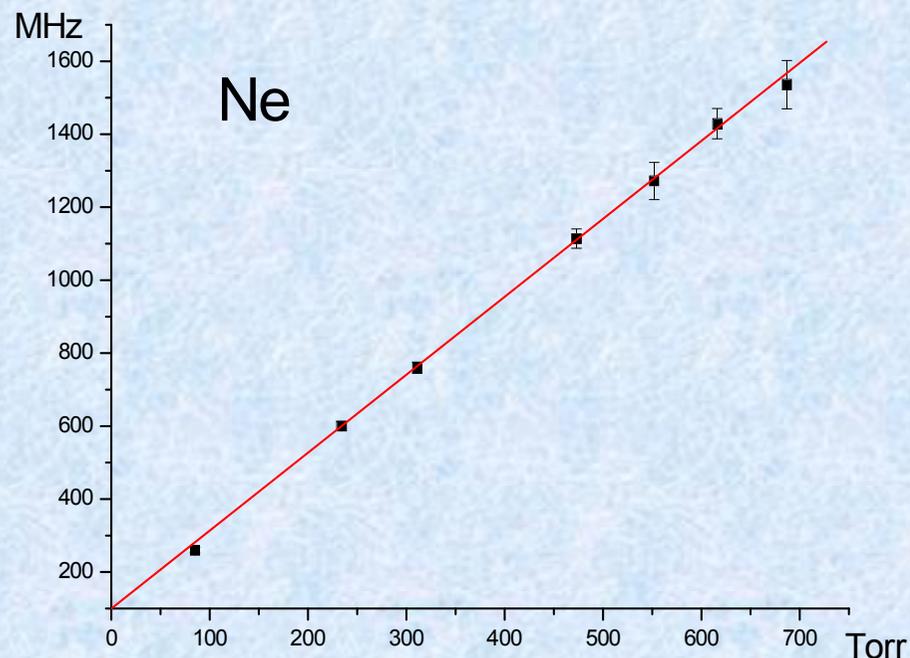
$$k_0 = \frac{\sqrt{\ln 2}}{\sqrt{\pi} \alpha^D}, \quad y = \sqrt{\ln 2} \frac{\alpha^L}{\alpha^D}, \quad x = \sqrt{\ln 2} \frac{(\nu^j - \nu)}{\alpha^D}$$

$$\alpha^D = \sqrt{\ln 2} \frac{\nu}{c} \sqrt{\frac{2kT}{m}}$$

$$\frac{\alpha^L}{\alpha^V} + \left(\frac{\alpha^D}{\alpha^V} \right)^2 \approx 1$$

$$T \approx 681700 \cdot \left(\Delta \nu_V^2 - \Delta \nu_V \cdot \Delta \nu_L \right) [K] \quad (\Delta \nu_V \text{ и } \Delta \nu_L \text{ в } [\text{см}^{-1}])$$

Измерение констант ударного уширения и расчёт лоренцевской компоненты ширины контура



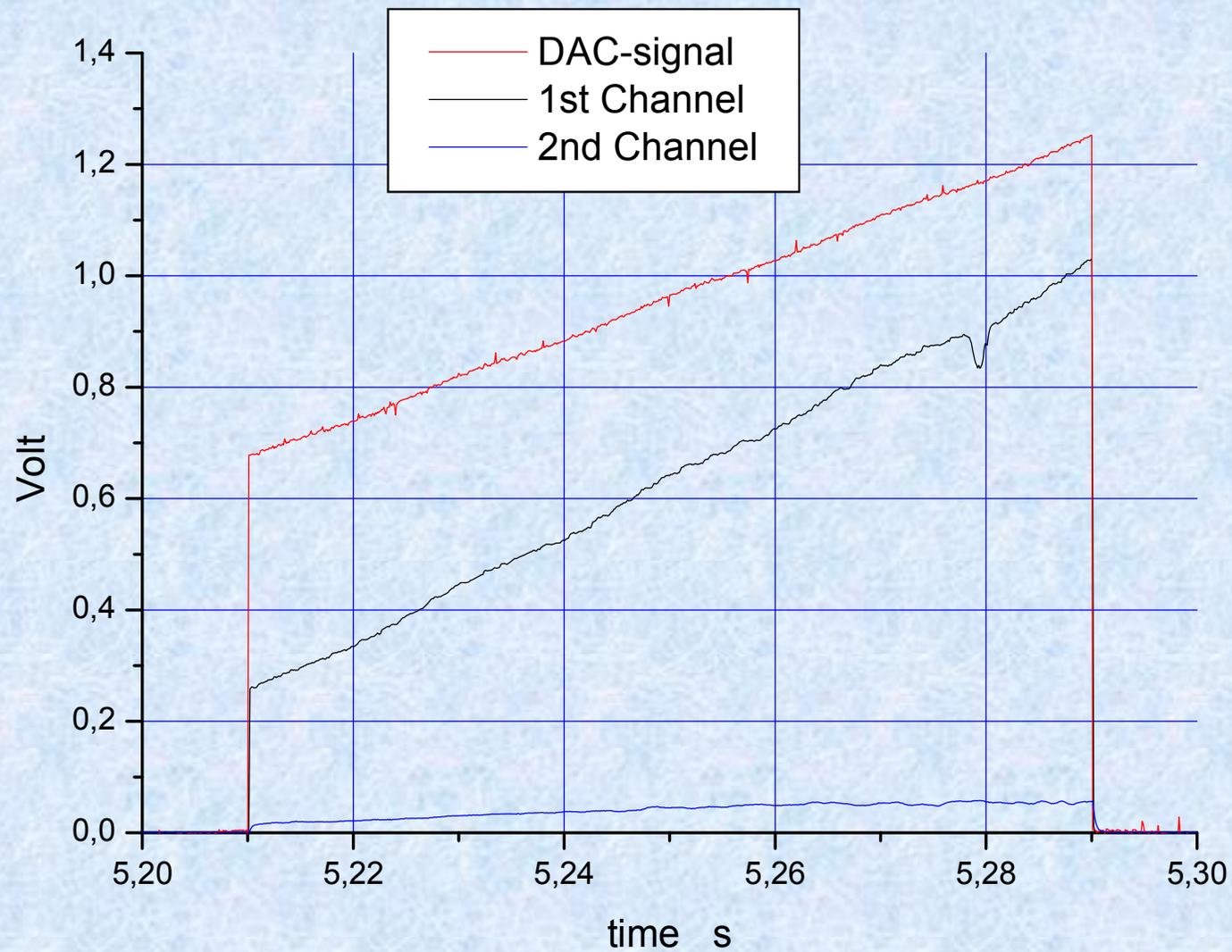
Ширина столкновительного уширения для различных давлений неона.

Константы ударного уширения различными газами для линии поглощения воды $\nu=7181.156 \text{ см}^{-1}$

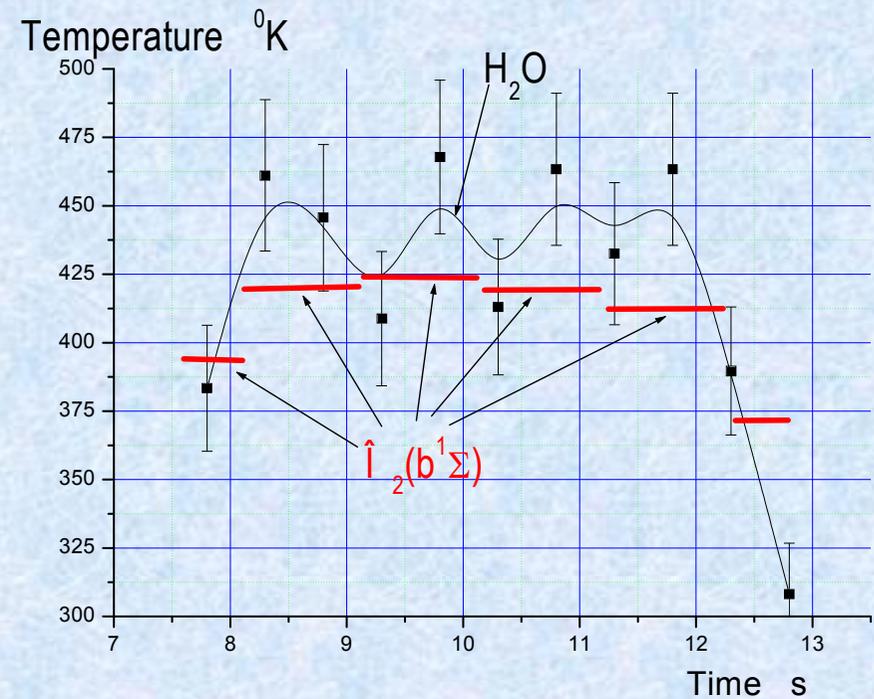
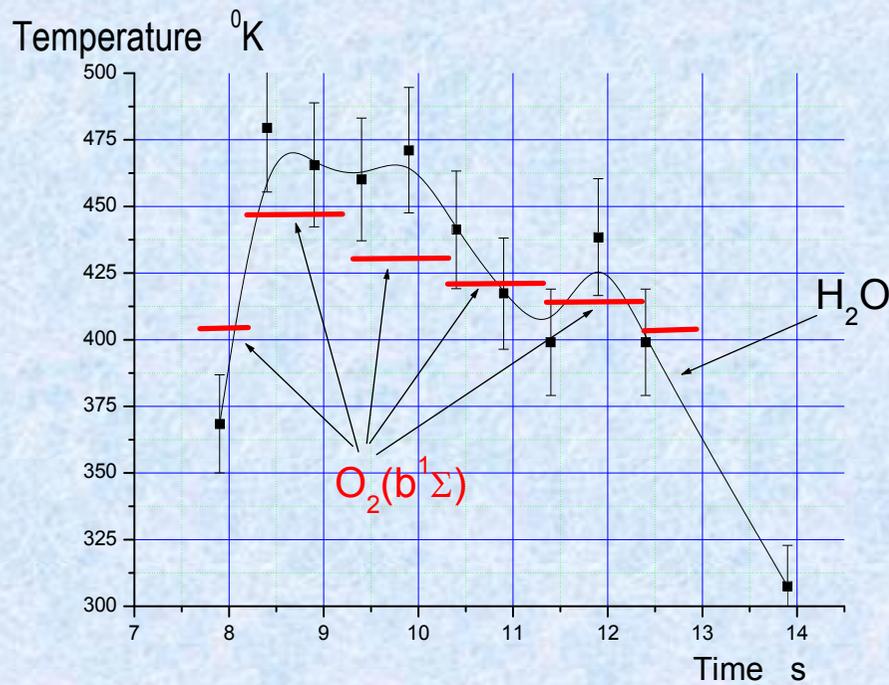
Буферный газ	$\Delta\nu = 2\gamma^L$ (МГц/Торр)
He	$1,8 \pm 0,1$
Ar	$3,6 \pm 0,2$
Ne	$2,1 \pm 0,1$
Xe	$4,6 \pm 0,2$
N ₂	$8,6 \pm 0,3$
O ₂	$4,4 \pm 0,3$
CO ₂	$11,7 \pm 0,4$

$$\alpha^L = \sum_i \alpha_i^L = \sum_i \gamma_i \cdot P_i$$

Экспериментальные данные с линией поглощения



Результаты сравнения измерения температуры газового потока по полосе СК и линии поглощения паров воды для дозвукового течения газа



Результаты измерения температуры газового потока по линии поглощения паров воды для сверхзвукового течения газа

