

# Масс спектро스코пия остаточных газов

Шмаков Владимир - Б04-105

МФТИ - февраль 2023

## Цель работы

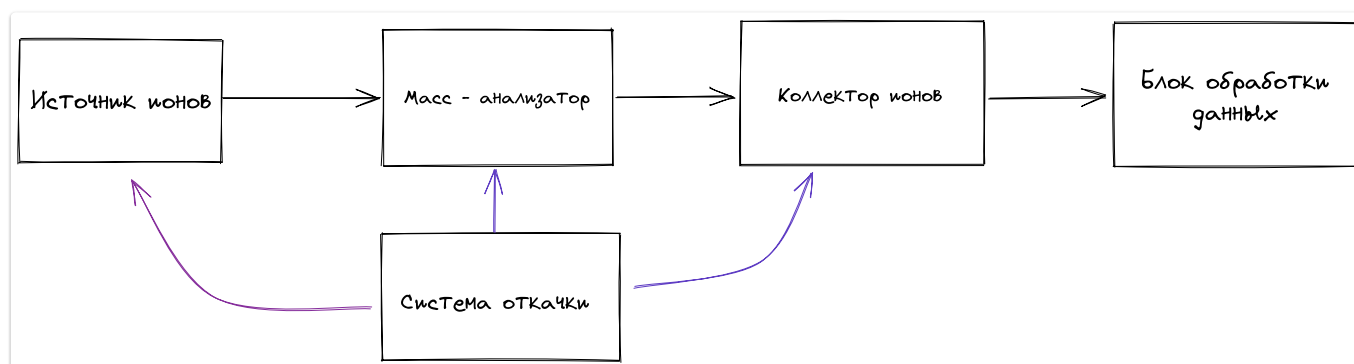
- Анализ масс - спектра различных газов
- Знакомство с устройством квадрупольного масс - анализатора

## Оборудование

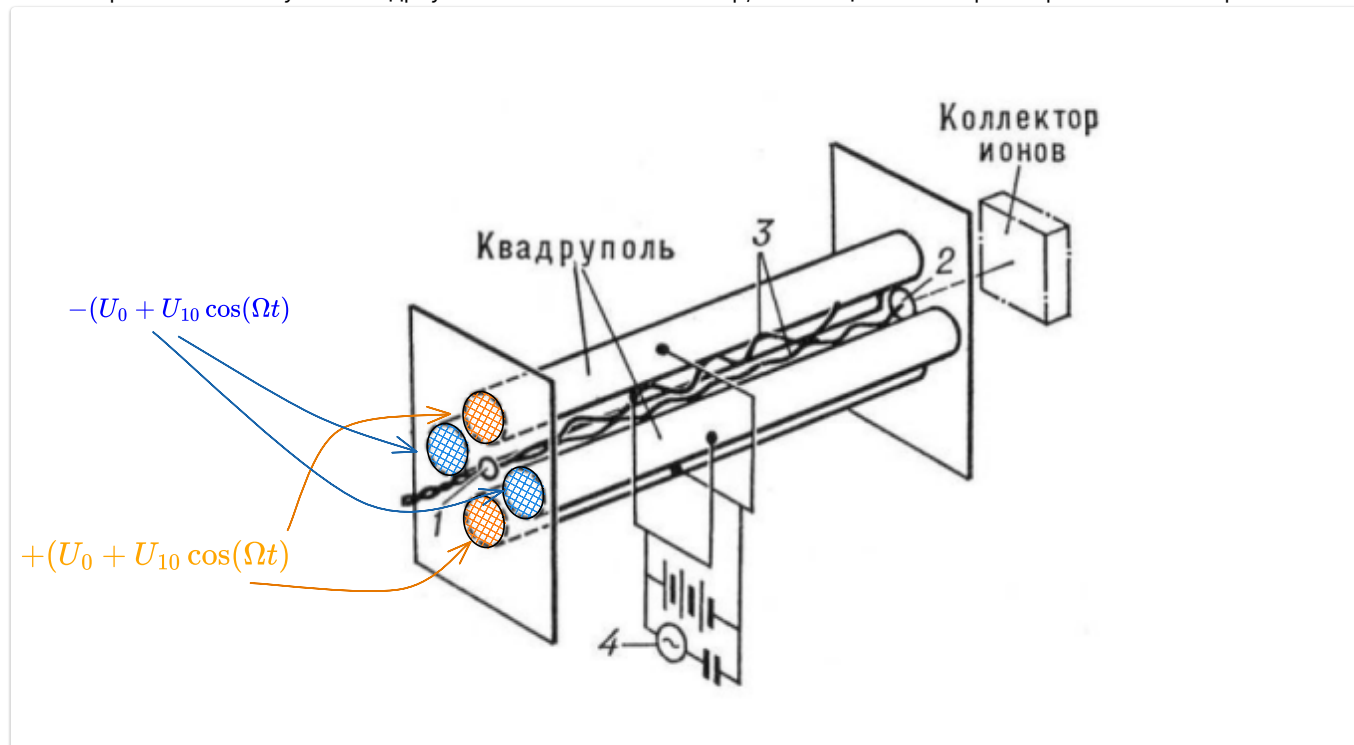
- Квадрупольный масс анализатор
- Вакуумная установка
- Компьютер и программное обеспечение «Easy - scan»

## Теоретические сведения

**Масс - спектрометр** - устройство, позволяющее определять концентрацию компонентов исследуемого вещества. Принцип действия устройства завязан на ионизации исследуемого вещества и анализе отношения массы к заряду полученных ионов. Блок схема масс - спектрометра представлена на рисунке ниже:



В нашей работе используется квадрупольный масс- анализатор, состоящий из четырёх параллельных стержней:



Между соседними электродами прикладывается постоянное и переменное напряжение, как изображено на рисунке выше ( $U_0, U_{10} \equiv const$ ).

Изменяя параметры масс анализатора -  $U_{10}$ ,  $U_0$ ,  $\Omega$ , можем добиться устойчивого движения ионов только с конкретным отношением  $m/Z$ . Лишь устойчиво движущиеся ионы будут добираться до коллектора и давать вклад в исследуемую блоком обработки данных силу тока.

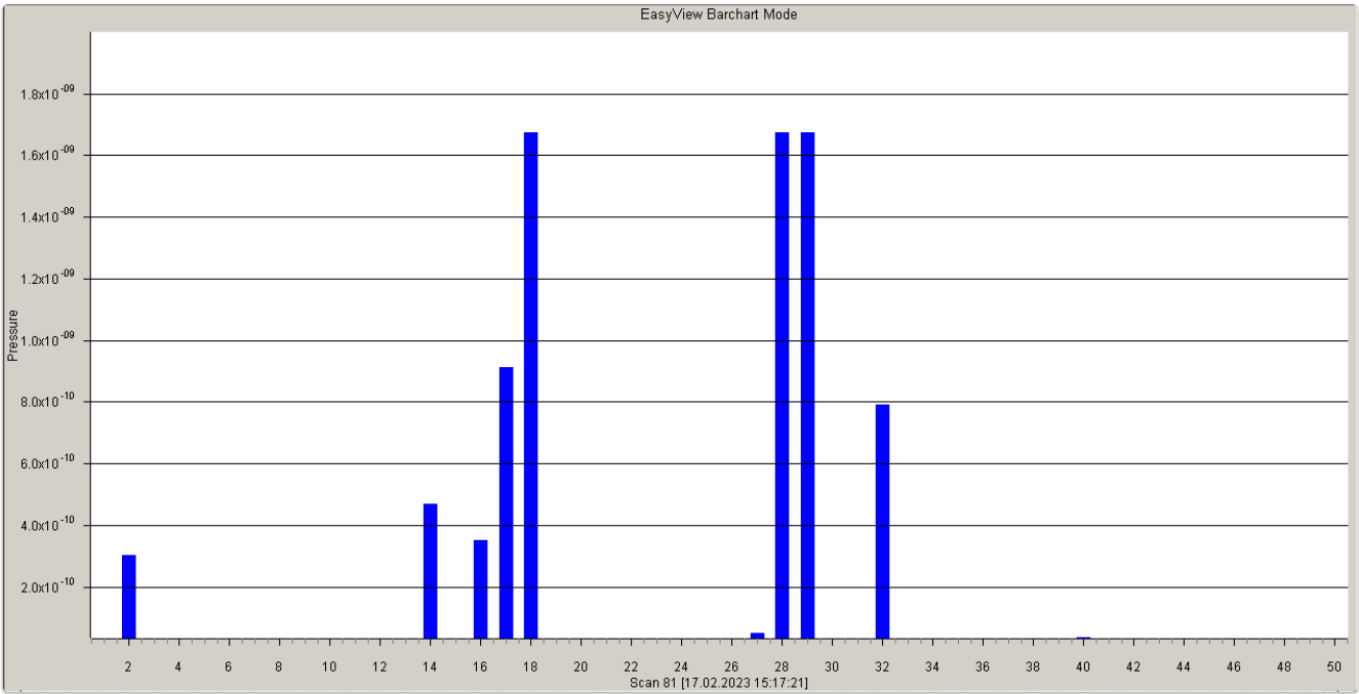
Потенциал поля, в котором движутся ионы описывается выражением:

$$\phi = (U_0 + U_1) \cdot \frac{x^2 - y^2}{2R_0^2} \tag{1}$$

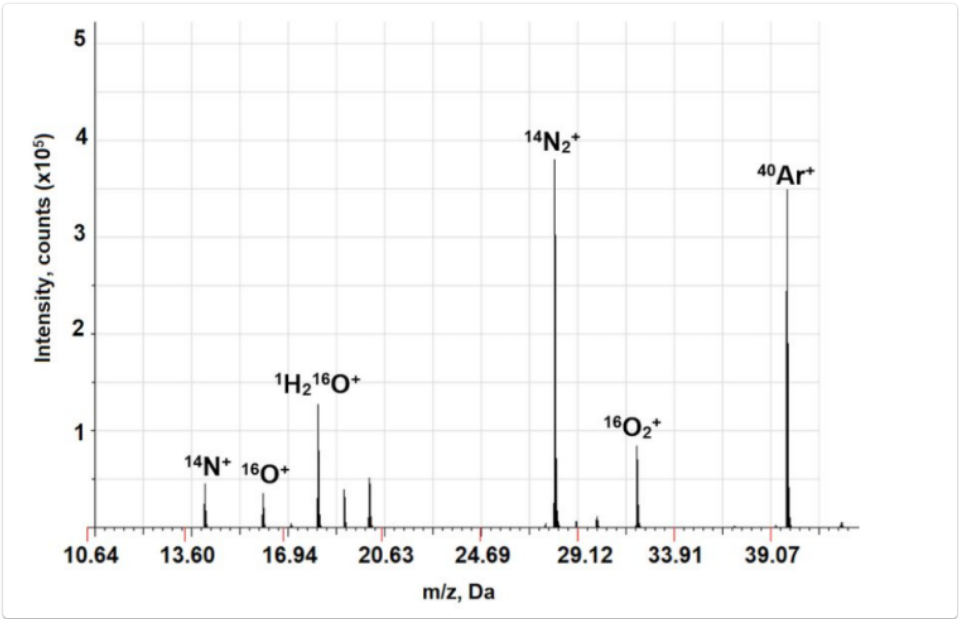
### Обработка результатов эксперимента

#### Исследование масс - спектра воздуха

В первом эксперименте предлагается исследовать масс спектр воздуха, оставшегося в установке после откачки. В результате эксперимента получили следующий спектр:

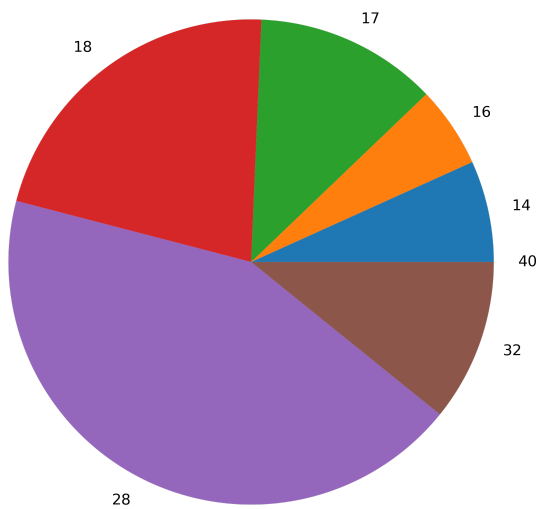


Сравним спектр с «табличным», взятым из журнала «Atomic Spectroscopy»(спасибо коллеге за ссылку):

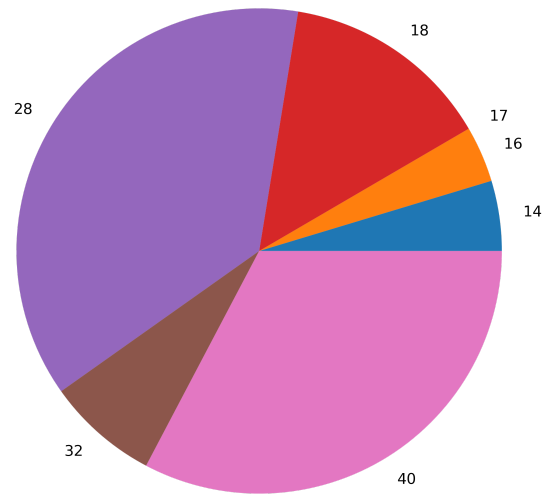


Для сравнения построим круговые диаграммы, показывающие относительное содержание веществ в воздухе:

Спектр, полученный в ходе эксперимента



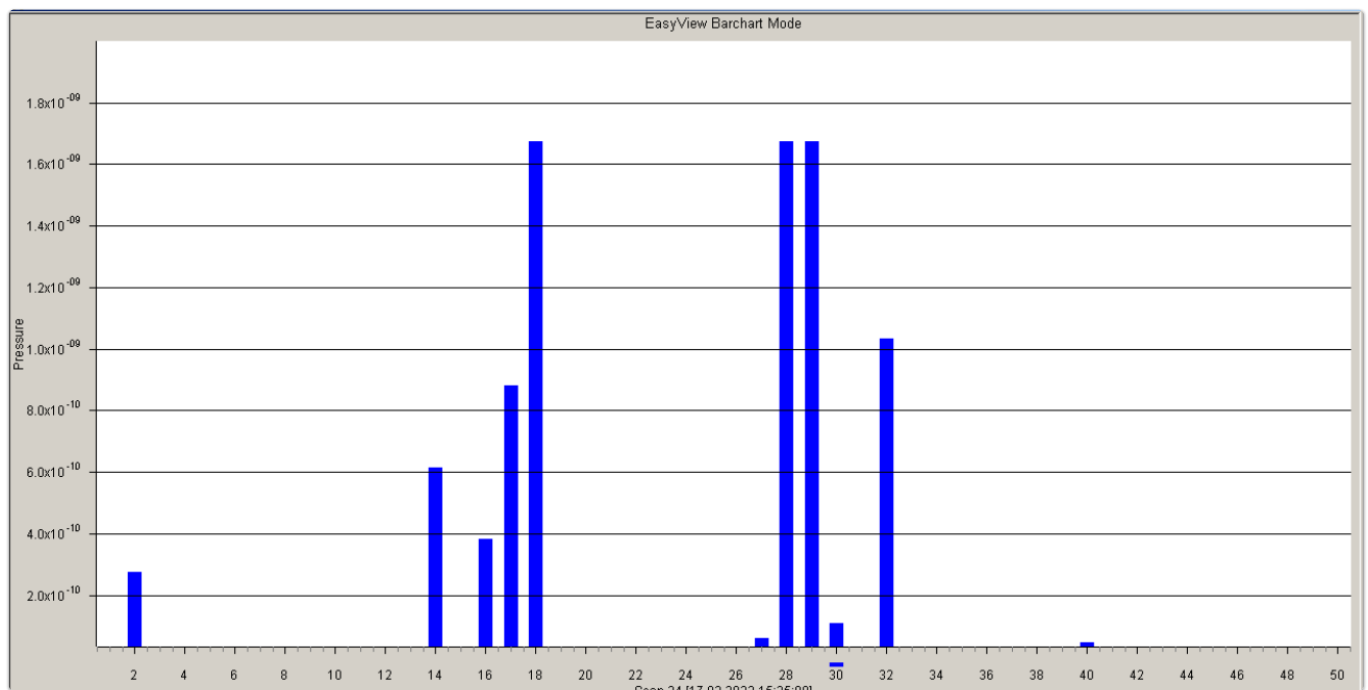
Табличный спектр



Как видим, в обоих экспериментах анализатор регистрирует достаточно большое количество молекул воды. Однако согласно источнику «википедия», *98% воздуха составляет азот и кислород(28 и 16)*. Возникшее противоречие объясняется тем, что молекулы воды достаточно тяжело откачать.

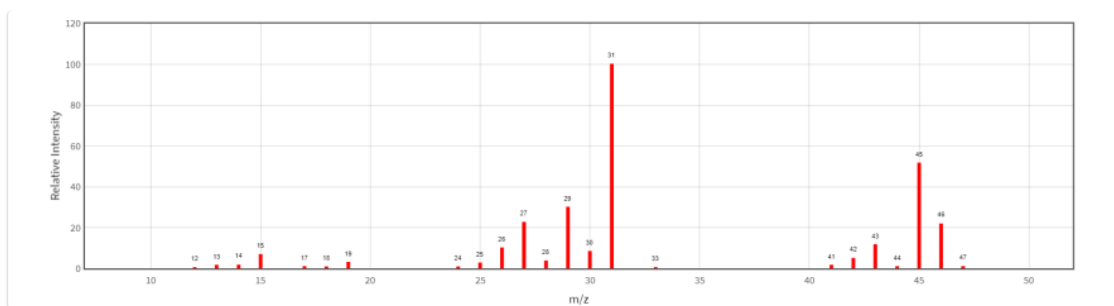
### Масс - спектр воздуха с парами спирта

Используя *нагреватель*, напустим в установку пары спирта. Масс спектр полученной смеси представлен на графике ниже:



Как видим, общее число молекул в установке увеличилось - все «столбики» подросли. Однако не было замечено появления новых характерных пиков.

Посмотрев на спектр этанола, представленный в библиотеке NIST, поймём, что наибольшее число молекул имеют отношение  $m/Z = 31$ :



Именно такое отношение заряда к массе имеет ион  $[CH_2OH]^+$ .

«Провал» эксперимента может быть связан с большим количеством воздуха, содержащегося в установке - пары спирта не были замечены на фоне остальных веществ. Второй причиной может служить плохой контакт горлышка колбы и трубки, используемой при накачке. Возникшая «течь» позволила проникнуть в установку большому количеству воздуха.

## Вывод

Удалось проанализировать спектр остаточных газов воздуха. Построенная диаграмма показала, что полученный спектр похож на табличный.