

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
(МФТИ)

Кафедра вакуумной электроники
Отчет по лабораторной работе

Масс спектроскопия остаточных газов
Квадрупольный масс-анализатор

Работу выполнили:

_____ Н.А.Григорьев
_____ А.В. Захаров
_____ Д.Ю.Салтыкова

Работу принял, оценка

Долгопрудный 2023

Цель работы:

1. Ознакомление с принципами работы квадрупольного масс-спектрометра
2. Получение и анализ масс-спектра остаточных газов
3. Исследование масс-спектра спирта, нашатыря и ацетона

Теоретическая справка

Устройство квадрупольного масс-анализатора

Квадрупольный масс-анализатор относится к анализаторам с динамическим принципом действия. Он представляет собой квадрупольный конденсатор, то есть состоит из четырех параллельных стержней. Между электродами приложены постоянное напряжение и переменное напряжение с высокой частотой.

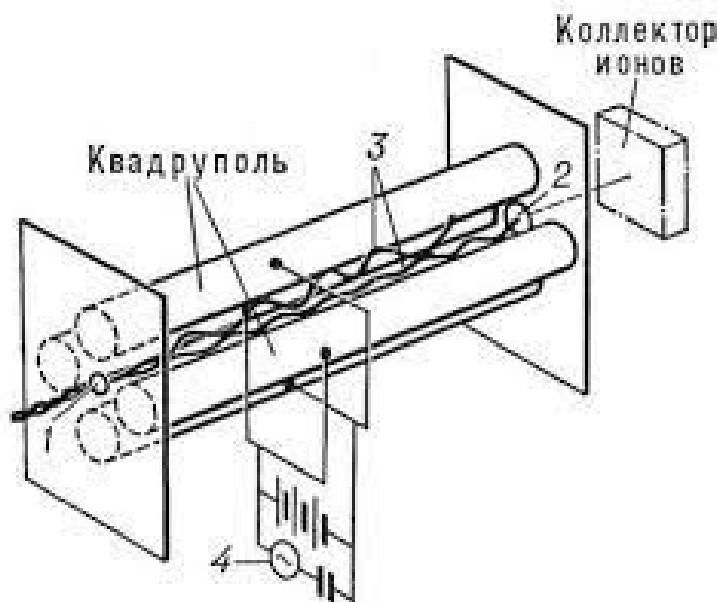


Схема квадрупольного масс-анализатора:

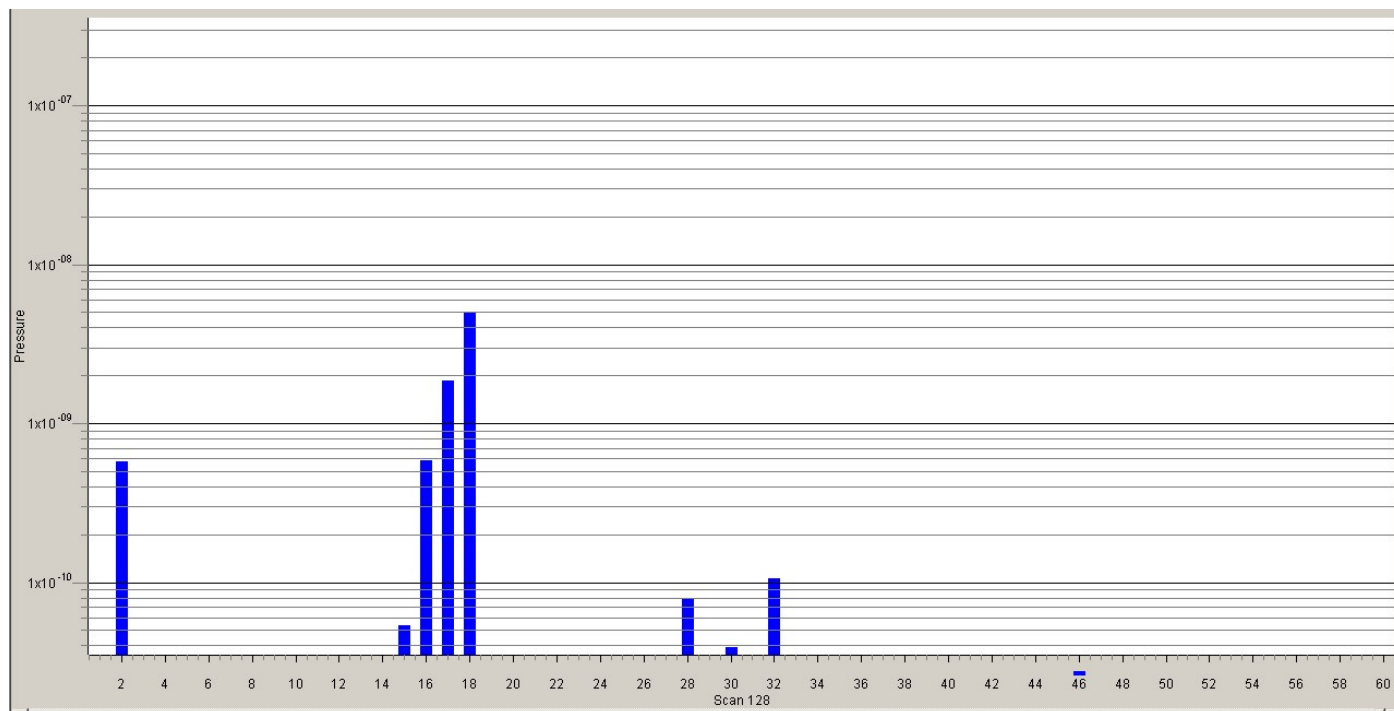
- 1- Входное отверстие (апертюра) пучка ионов
- 2- Выходная апертюра
- 3- Траектория ионов в анализаторе
- 4- Источник постоянного напряжения и генератор переменного напряжения

Ионы, вылетевшие из ионного источника, движутся в камере с постоянными скоростями вдоль оси Oz и одновременно под действием создаваемых электрических полей движутся по сложным траекториям в плоскости xOy . В зависимости от соотношений между приложенными напряжениями, частотой изменения напряжения и отношением массы ионов к заряду движение может быть либо устойчивым, либо неустойчивым. Ионы с устойчивым движением беспрепятственно проходят через квадрупольный конденсатор и попадают на коллектор, расположенный на оси симметрии конденсатора, за его пределами. В случае неустойчивого движения, отклонение траекторий движения ионов от оси Oz быстро нарастает во времени и на коротком отрезке достигает такой величины, что ионы попадают на стержни и разряжаются на них. Таким образом, устойчивые ионы дают вклад в ток коллектора, а неустойчивые ионы дают вклад в ток электродов квадрупольного конденсатора. Тем самым оказывается возможным разделять ионы по величине отношения их массы к заряду.

Устойчивостью ионов можно управлять, изменяя постоянное напряжение на конденсаторе, или амплитуду и частоту переменного напряжения. Так осуществляется сканирование масс-спектра исследуемых ионов.

Ход работы.

1. Приведем установку в рабочее положение. Откачка системы должна проводиться до значений не хуже, чем 10^{-4} торр.
2. Проведем измерение масс-спектров остаточных газов

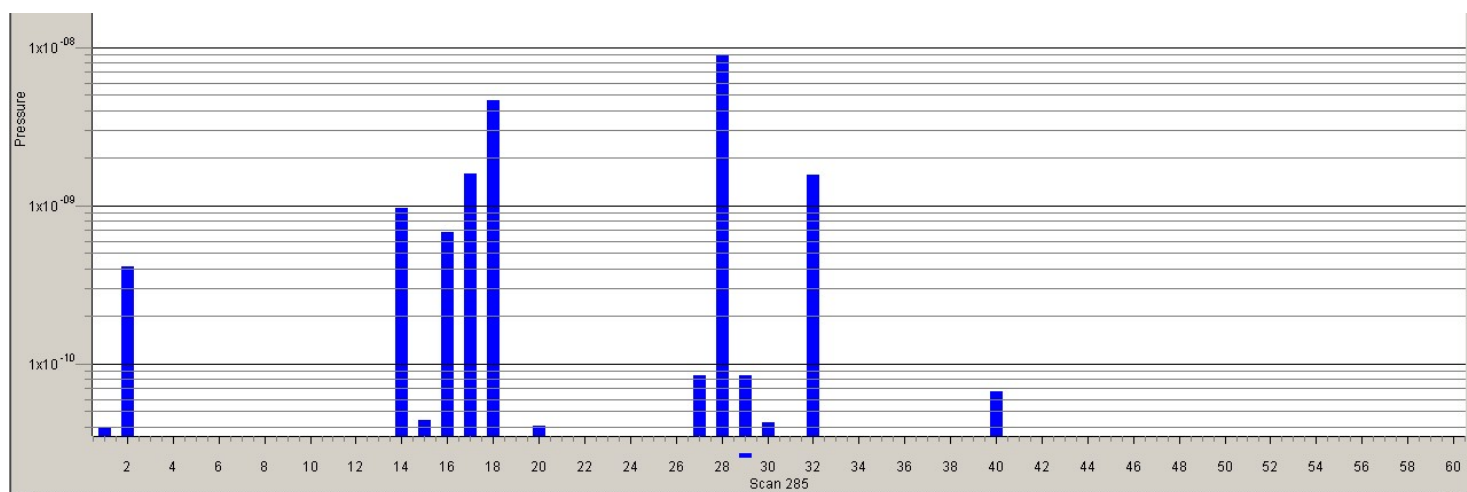


Распределение ионов остаточного газа (логарифмический масштаб)

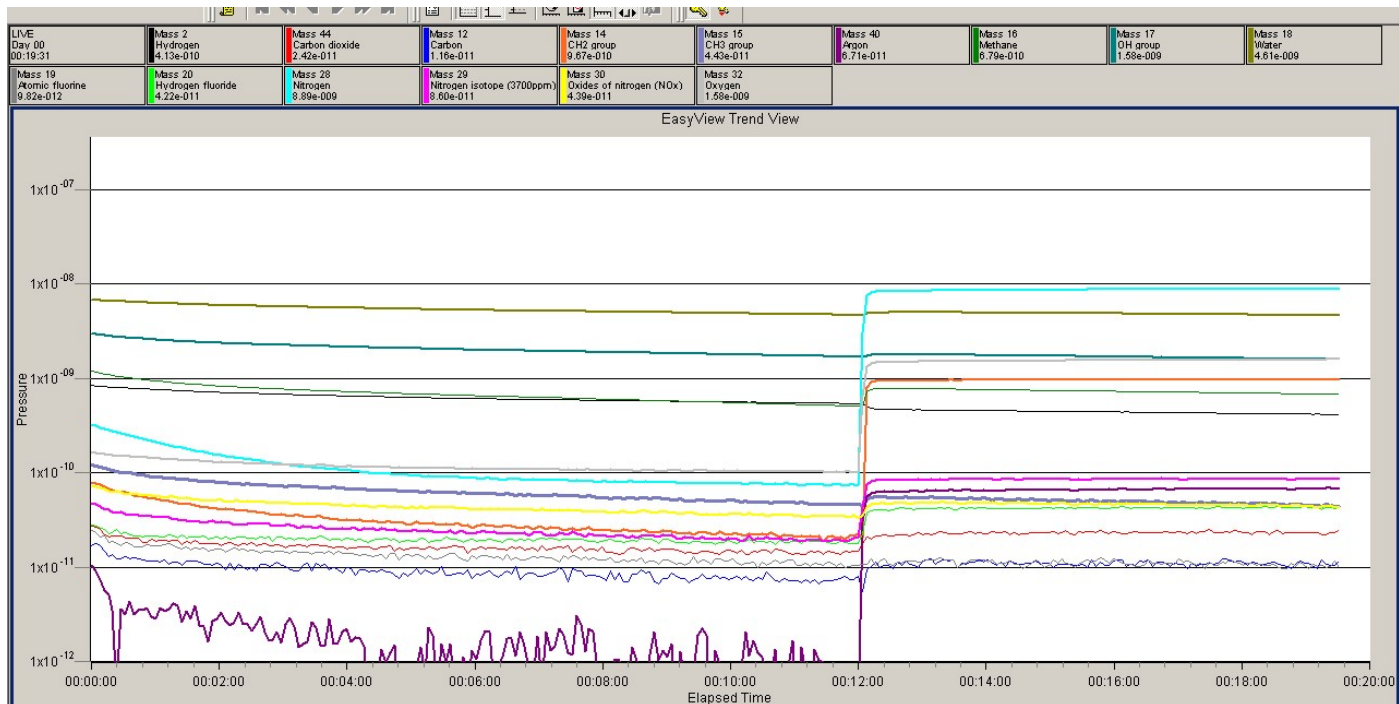
Анализируя полученный масс-спектр, можно сделать вывод, что основной пик в спектре соответствует ионам воды (водяного пара). Кроме того, наблюдаются ионы кислорода, азота, его оксидов, CN_3 группы, метана, OH группы.

Большое количество воды в остаточных газах (как и в остальных экспериментах) можно объяснить тем, что вода обладает высокой способностью к адсорбции (явлению увеличения концентрации растворенного вещества у поверхности раздела двух фаз вследствие нескомпенсированности сил межмолекулярного взаимодействия на разделе фаз).

3. Установим значение величины скорости потока 10 ссст. Получим масс-спектр воздуха в лаборатории.

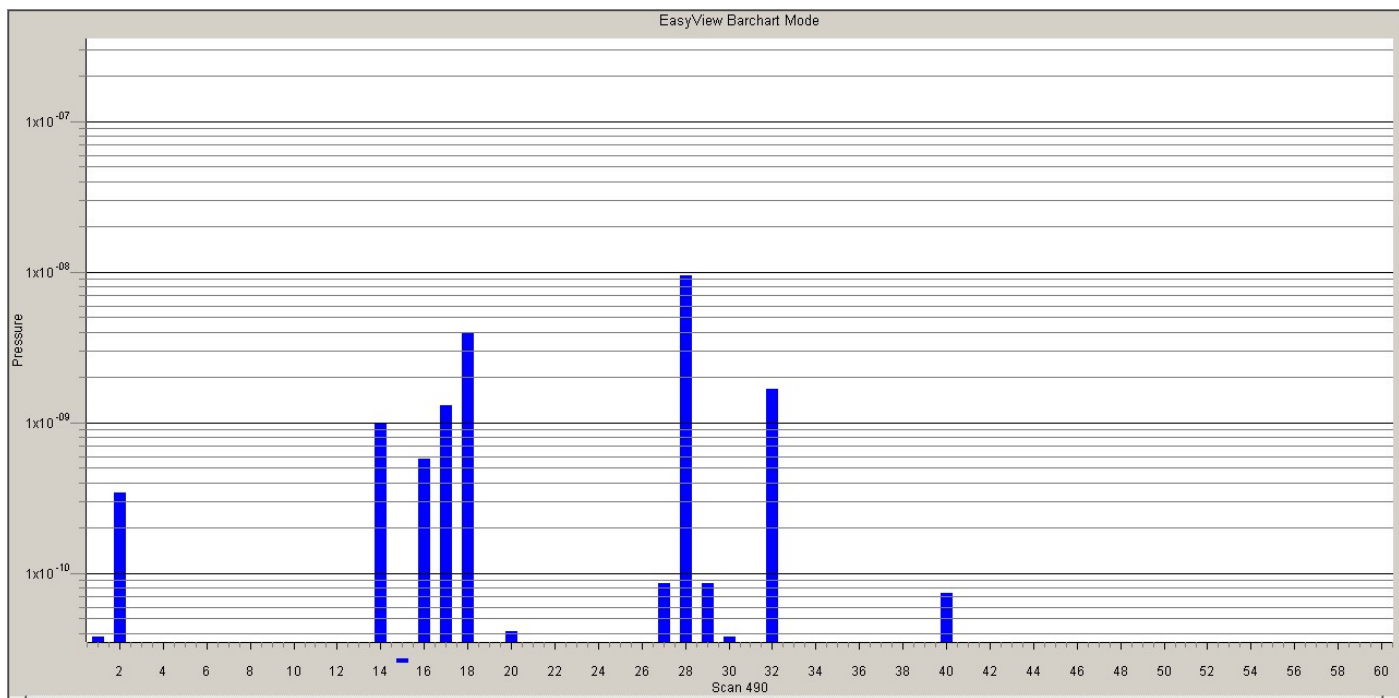


Распределение ионов воздуха (логарифмический масштаб)

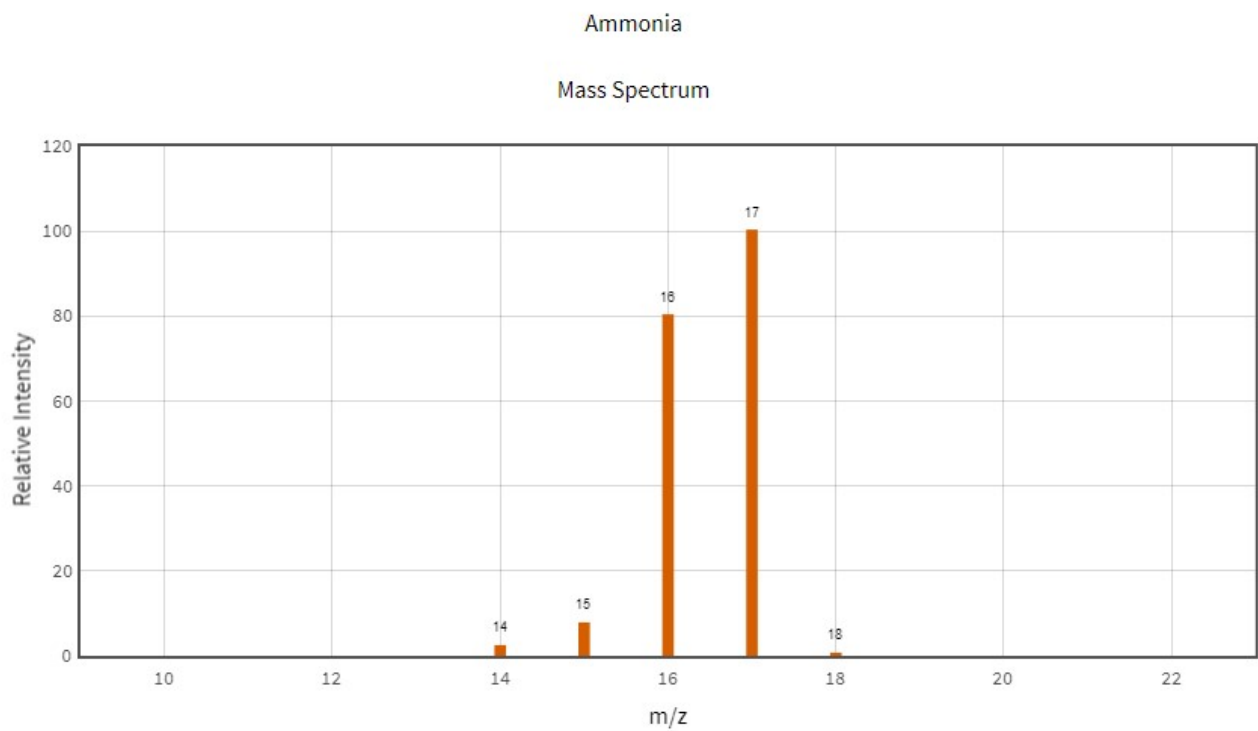


Обзор трендов (воздух)

4. Подключим вход установки к емкости с нашатырем. Получим масс-спектр



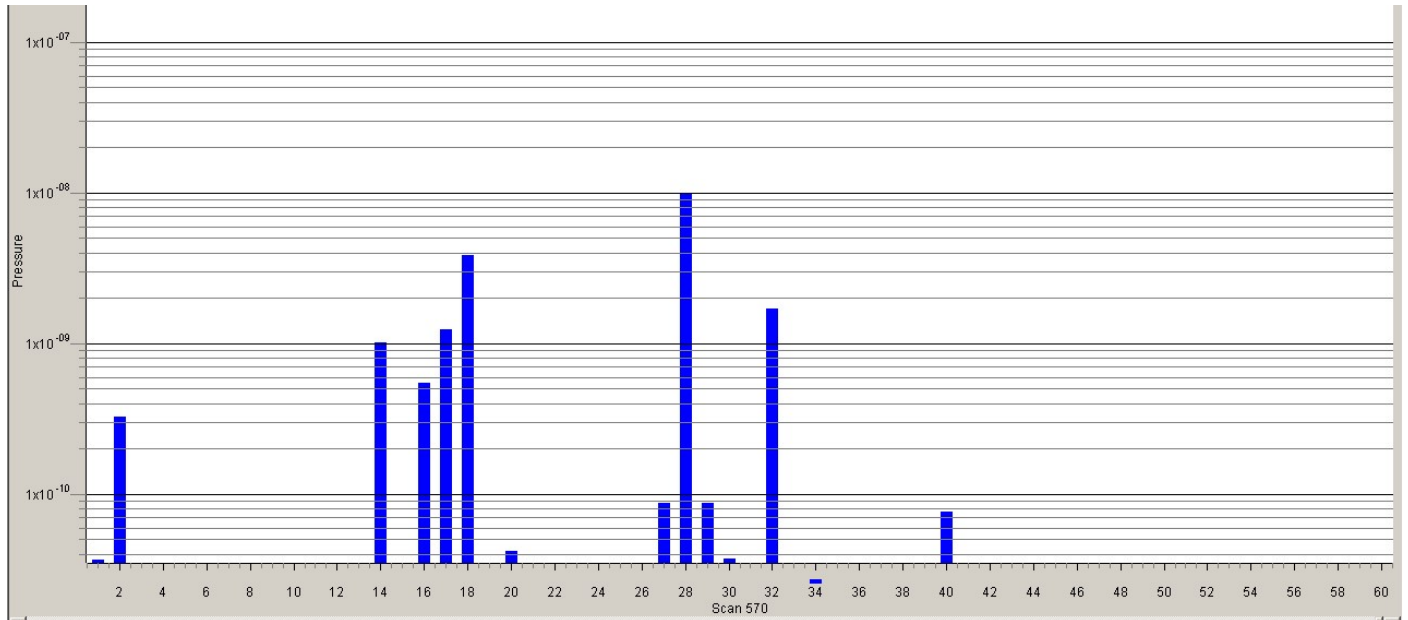
Распределение ионов нашатыря (логарифмический масштаб)



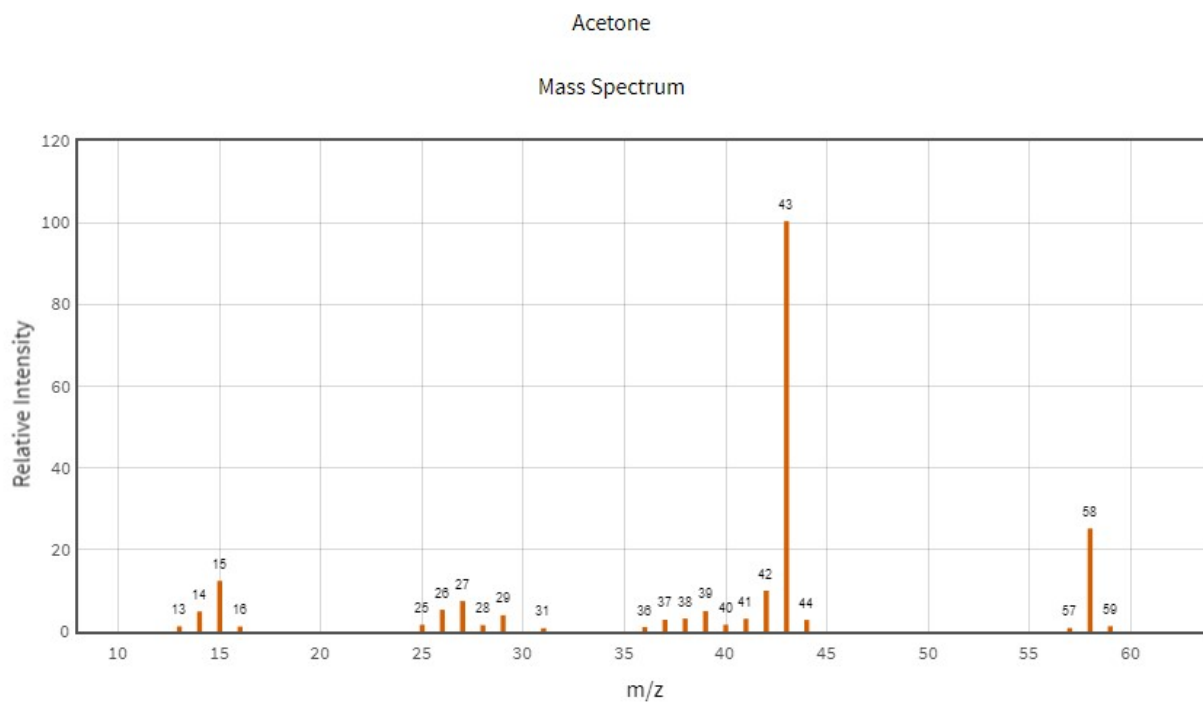
Эталонный масс спектр аммония

Можно сделать вывод о том, что количества паров аммония, попадающих в анализатор, недостаточно для получения масс-спектра.

5. Подключим вход установки к емкости с ацетоном. Получим масс-спектр



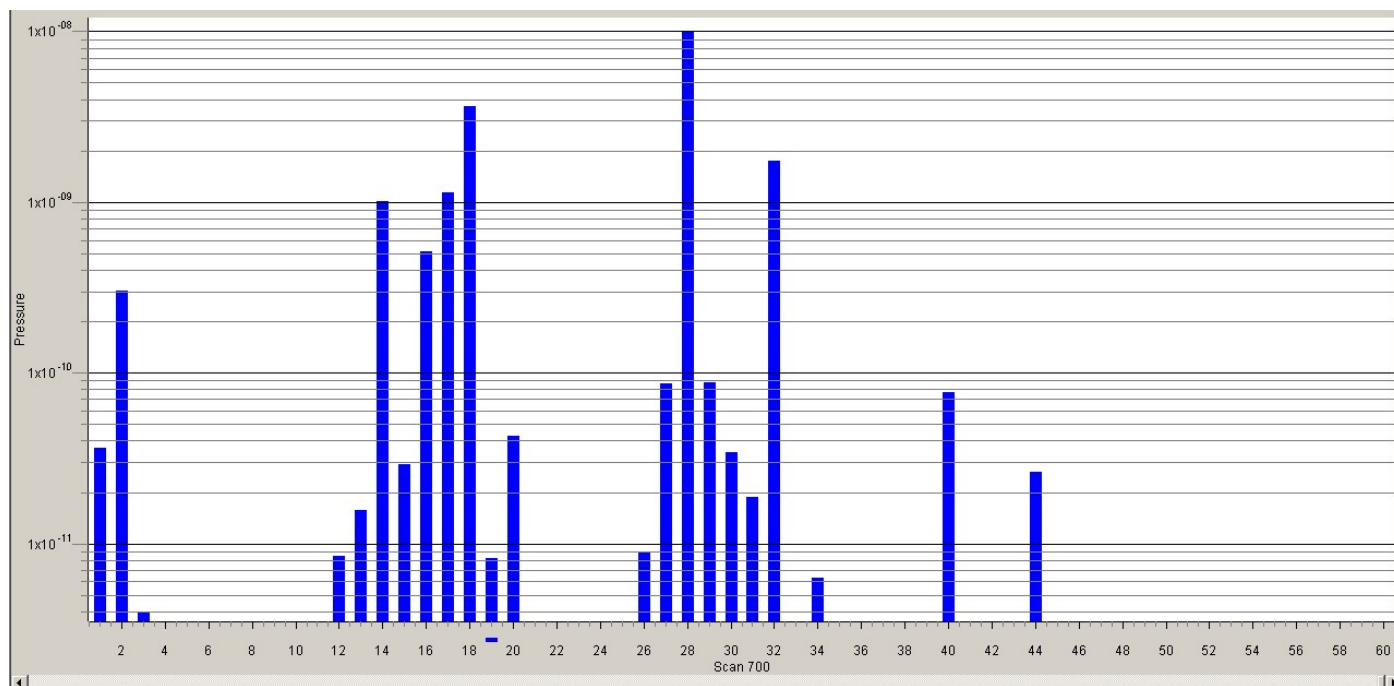
Распределение ионов ацетона (логарифмический масштаб)



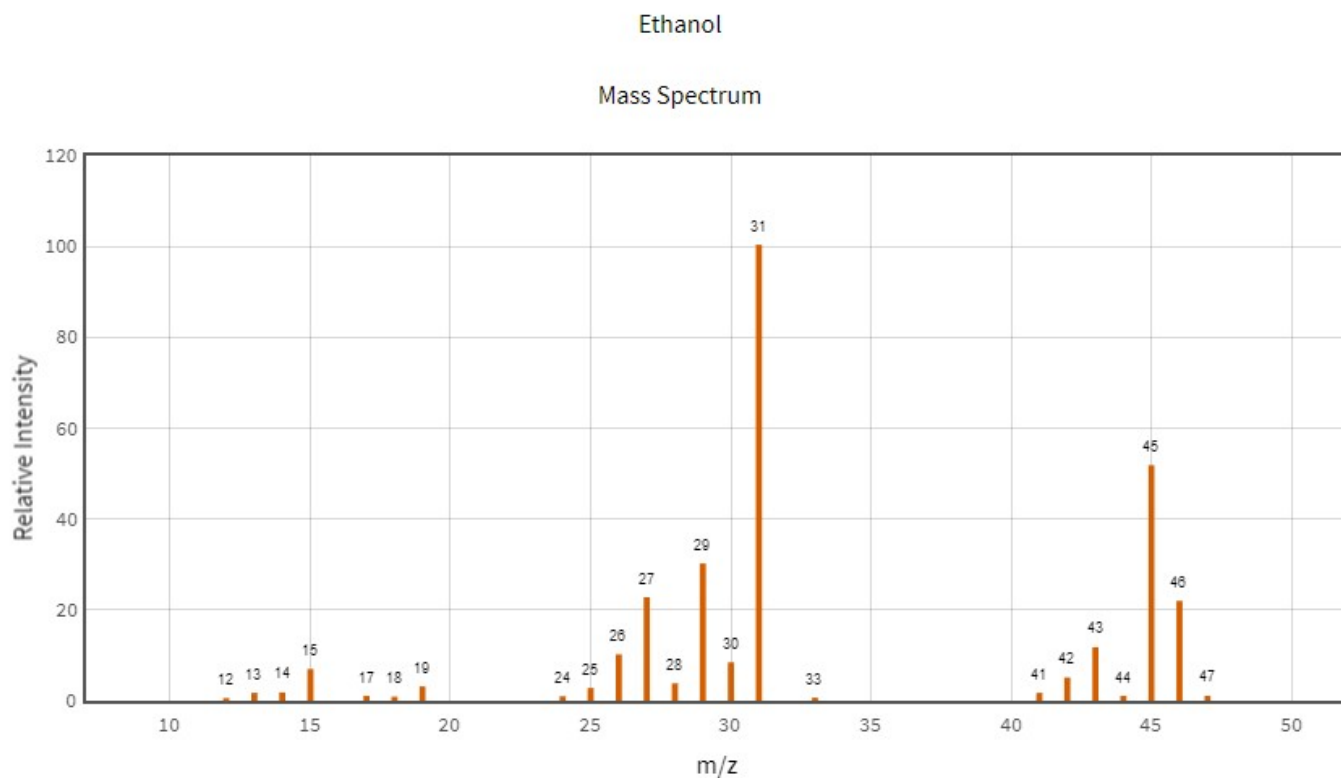
Эталонный масс-спектр ацетона

Можно сделать вывод о том, что количества паров аммония, попадающих в масс-анализатор, недостаточно для получения масс-спектра.

6. Подключим вход установки к емкости со спиртом. Получим масс-спектр

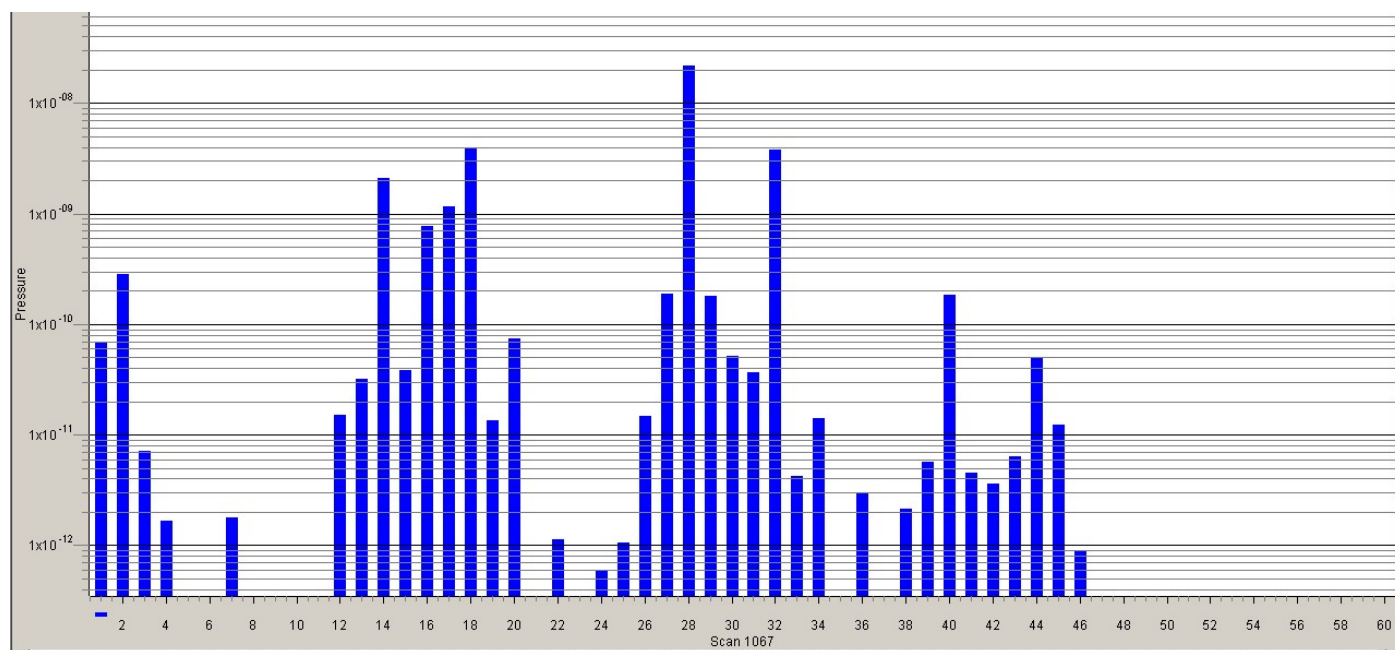


Масс – спектр спирта (логарифмический масштаб)

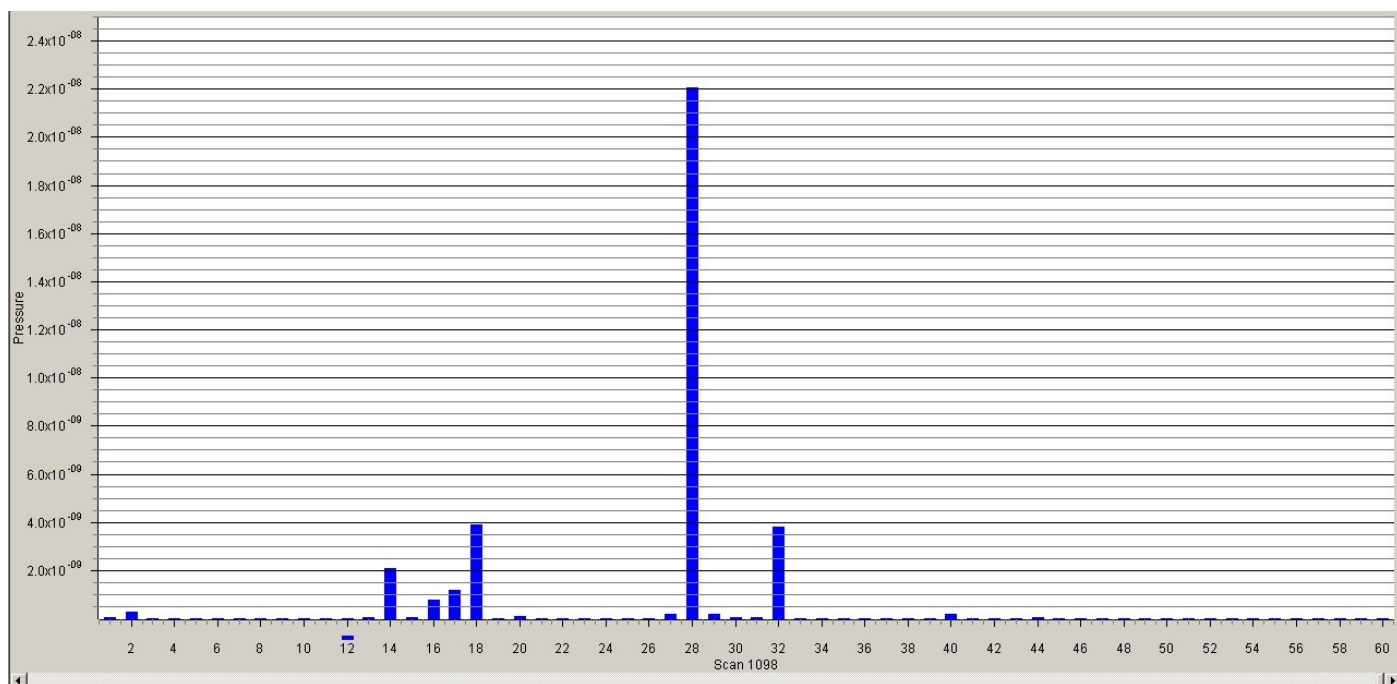


Эталоный масс-спектр этанола

Мы можем сделать вывод о том, что объем паров спирта, попадающих в анализатор, много меньше объема попадающего воздуха. Повысим значение скорости потока до 30 ccsm. Полученные масс-спектры представим в логарифмическом и линейном масштабах:



Масс спектр этанола (логарифмический масштаб)



Масс спектр этанола (линейный масштаб)

Можно сделать вывод о том, что на высоких значениях скорости потока отчетливо видны основные максимумы масс спектра этанола (31 и 45 m/z), но ввиду загрязненности препарата воздухом построить полноценный масс-спектр невозможно.

Общий вывод работы:

1. В процессе выполнения эксперимента мы познакомились с принципами работы квадрупольного масс-спектрометра
2. Был получен и проанализирован масс-спектр остаточных газов. Основной пик в нем соответствует ионам воды (водяного пара)
3. Масс спектры нашатыря и ацетона получены не были ввиду большого загрязнения паров препаратов воздухом. Полученные масс-спектры спирта позволили только наблюдать основные максимумы эталонного спектра.

Эталонные масс спектры взяты с сайта <https://webbook.nist.gov/>