

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Кубанский государственный университет»
Факультет химии и высоких технологий

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе,
качеству образования – первый
проректор

Т.А. Хагуров
подпись
« 28 » _____ 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.ДВ.01.02 МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ И КООРДИНАЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Направление подготовки/специальность 04.03.01 Химия

Направленность (профиль) - Неорганическая химия и химия
координационных соединений

Форма обучения - очная

Квалификация (степень) выпускника – бакалавр

Краснодар 2021

Рабочая программа дисциплины МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ И КООРДИНАЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки - 04.03.01 Химия.

Программу составил М.А. Назаренко,
доцент, канд. хим. наук

Рабочая программа дисциплины МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ И КООРДИНАЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ утверждена на заседании кафедры общей, неорганической химии и информационно-вычислительных технологий в химии (разработчика) протокол № 10 «17» мая 2021 г.

Заведующий кафедрой общей, неорганической химии и ИВТ в химии д.х.н., профессор Буков Н.Н.

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета химии и высоких технологий протокол № 7 от «24» мая 2021 г.
Председатель УМК факультета Беспалов А.В.

Рецензенты:

Фролов В.Ю., канд. хим. наук, директор ООО «Ланэс».

Доценко В.В., д-р хим. наук, профессор кафедры органической химии и технологий ФГБОУ ВО «КубГУ».

1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля)

1.1 Цель освоения дисциплины.

Целью освоения дисциплины «Масс-спектрометрия неорганических соединений и координационных соединений» является содействие формированию и развитию у студентов обще-профессиональных и профессиональных компетенций, позволяющих им в дальнейшем осуществлять профессиональную деятельность посредством освоения теоретических и экспериментальных основ химических, физико-химических и физических методов анализа различных объектов.

1.2 Задачи дисциплины.

– Создать чёткое представление о предмете масс-спектрометрия неорганических и органических веществ, современном состоянии и путях развития масс-спектрометрии органических веществ, связи её с другими науками и практическом применении методов анализа в различных областях человеческой деятельности.

– Развить у студентов познавательную активность и способность творчески решать задачи, связанные с изучением структуры неорганических и органических веществ методом масс-спектрометрии.

– Сформировать представления о возможности применения метода масс-спектрометрии.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Масс-спектрометрия неорганических соединений и координационных соединений» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана направления подготовки 04.03.01 «Химия». В соответствии с рабочим учебным планом дисциплина изучается на 3 курсе. Вид промежуточной аттестации: зачет.

Данный курс опирается на знания, полученные при изучении дисциплин: «Неорганическая химия», «Аналитическая химия», «Химия координационных соединений».

Знания, приобретенные при освоении курса, могут быть использованы при решении различных задач по дисциплинам «Перспективные неорганические материалы со специальными функциями», «Химия твердого тела», а также при выполнении выпускной квалификационной работы.

1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
ПК-2 Способен применять современную аппаратуру при проведении научных исследований, а также обрабатывать и анализировать полученные результаты	
ИПК-2.1. Осуществляет исследование химических соединений и материалов с использованием современного химического оборудования	<p>Знает применение метода масс-спектрометрии для анализа и идентификации неорганических и координационных соединений, способы пробоподготовки для анализа методом масс-спектрометрии,</p> <p>Умеет оценивать возможности применения метода масс-спектрометрии для анализа различных неорганических и координационных соединений</p> <p>Владеет навыками проведения химического эксперимента для решения профессиональных задач</p>
ИПК-2.2. Обрабатывает и анализирует экспериментальные данные, полученные с использованием современной химической аппаратуры	<p>Знает основные принципы расшифровки масс-спектров</p> <p>Умеет расшифровывать масс-спектры, проводить пробоподготовку образцов для анализа методом масс-спектрометрии</p> <p>Владеет основными методами получения и исследования химических веществ и реакций, навыками обработки и анализа полученных экспериментальных данных</p>
ПК-3. Способен использовать современные теоретические представления химической науки для анализа экспериментальных данных	
ИПК-3.1. Использует современные теоретические представления химической науки в своей профессиональной деятельности	<p>Знает основные программы, позволяющие обрабатывать масс-спектры, наиболее крупные базы данных по масс-спектрам.</p> <p>Умеет использовать базы данных по масс-спектрам неорганических и координационных соединений</p> <p>Владеет опытом использования масс-спектрологии в процессе проведения научных исследований</p>
ИПК-3.2. Интерпретирует результаты химического эксперимента на основе современных теоретических представлений	<p>Знает основные теоретические представления об масс-спектрологии органических и неорганических веществ</p> <p>Умеет планировать проведение физико-химического эксперимента, а также интерпретировать полученные данные при анализе неорганических и координационных соединений</p> <p>Владеет методами обработки результатов научных экспериментов с помощью</p>

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
	современных компьютерных технологий

2. Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц (108 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице

Виды работ		Всего часов	Форма обучения
			очная
			5 семестр (часы)
Контактная работа, в том числе:			
Аудиторные занятия (всего):		52,2	52,2
занятия лекционного типа		16	16
лабораторные занятия		34	34
практические занятия		-	-
семинарские занятия		-	-
Иная контактная работа:			
Контроль самостоятельной работы (КСР)		2	2
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,2	0,2
Самостоятельная работа, в том числе:		55,8	55,8
<i>Курсовая работа</i>		-	-
<i>Проработка учебного (теоретического) материала</i>		28	28
<i>Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)</i>		-	-
<i>Реферат</i>		-	-
Подготовка к текущему контролю		27,8	27,8
Контроль:			
Подготовка к экзамену			27,8
Общая трудоёмкость	час.	108	108
	в том числе контактная работа	52,2	52,2
	зач. ед	3	3

2.2 Содержание дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 5 семестре (очная форма обучения)

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	СРС
1	2	3	4	5	6	7
1.	Общие понятия и основные определения масс-спектрометрии	25,8	4	-	6	15,8
2.	Масс-спектрометрические методы анализа	40	6	-	14	20
3.	Методы ионизации веществ в молекулярном анализе	40	6	-	14	20
	<i>Итого по дисциплине:</i>	105,8	16	-	34	55,8
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	2				
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2				
	Подготовка к текущему контролю	-				
	Общая трудоемкость по дисциплине	108				

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины:

2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Общие понятия и основные определения масс-спектрометрии	Исторический обзор. Блок-схема масс-спектрометра. Основные принципы метода масс-спектрометрии. Системы ввода пробы в масс-спектрометр. Основные задачи масс-спектрометрии в аналитике и биофизике. Обработка результатов научных экспериментов с помощью современных компьютерных технологий.	Устный опрос
2.	Масс-спектрометрические	Общие представления о масс-спектрометрическом методе анализа.	Устный опрос

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1	2	3	4
	методы анализа	Аналитическая характеристика метода. Способы ионизации и их аналитическое использование. Принцип работы и схема масс-спектрометра с магнитным масс-анализатором. Применение масс-спектрометрии для анализа. Определение примесей в твердых веществах методом искровой масс-спектрометрии.	
3.	Методы ионизации веществ в молекулярном анализе	Методы ионизации газов и летучих жидкостей. Электронная ионизация веществ в газовой фазе. Химическая ионизация в ионно-молекулярных реакциях. Ионизация при атмосферном давлении. Методы ионизации нелетучих веществ. Полевая десорбция. Плазменная десорбция. Спрей-методы. Электроспрей. Газодинамические интерфейсы спрей-методов. Матрично-десорбционные методы анализа. ВИМС и МАЛДИ.	Устный опрос

2.3.2 Занятия семинарского типа (практические / семинарские занятия/ лабораторные работы)

№	Наименование раздела (темы)	Тематика занятий/работ	Форма текущего контроля
1.	Общие понятия и основные определения масс-спектрометрии	«Блок-схема масс-спектрометра. Основные принципы метода масс-спектрометрии»	ЛР1
2.	Общие понятия и основные определения масс-спектрометрии	«Работа с библиотекой масс-спектров»	ЛР2
3.	Масс-спектрометрические методы анализа спектрометрии	Часть 1 «Установление структуры вещества по масс-спектру с использованием баз данных»	ЛР3
4.	Масс-спектрометрические методы анализа	Часть 2 «Установление структуры вещества по масс-спектру с использованием баз данных»	ЛР3
5.	Масс-спектрометрические методы анализа	Часть 1 «Изучение процессов фрагментации»	ЛР4
6.	Масс-спектрометрические методы анализа	Часть 2 «Изучение процессов фрагментации»	ЛР4
7.	Масс-	Часть 1 «Ручная расшифровка масс-спектров и	ЛР5

	спектрометрические методы анализа	построение схемы фрагментации соответствующих соединений»	
8.	Масс-спектрометрические методы анализа	Часть 2 «Ручная расшифровка масс-спектров и построение схемы фрагментации соответствующих соединений»	ЛР5
9.	Масс-спектрометрические методы анализа	Часть 1 «Постройте хроматограммы по отдельным ионам, характеризующим наличие заданного класса соединений»	ЛР6
10.	Масс-спектрометрические методы анализа	Часть 2 «Постройте хроматограммы по отдельным ионам, характеризующим наличие заданного класса соединений»	ЛР6
11.	Методы ионизации веществ в молекулярном анализе	Часть 1 «Анализ смеси веществ методом хроматомасс-спектрометрии»	ЛР7
12.	Методы ионизации веществ в молекулярном анализе	Часть 2 «Анализ смеси веществ методом хроматомасс-спектрометрии»	ЛР7
13.	Методы ионизации веществ в молекулярном анализе	Часть 1 «Анализ состава координационных соединений d- и f- элементов»	ЛР8
14.	Методы ионизации веществ в молекулярном анализе	Часть 2 «Анализ состава координационных соединений d- и f- элементов»	ЛР8
15.	Методы ионизации веществ в молекулярном анализе	«Определение состава железных и медных сплавов»	ЛР9
16.	Методы ионизации веществ в молекулярном анализе	Часть 1 «Идентификация медицинских препаратов»	ЛР10
17.	Методы ионизации веществ в молекулярном анализе	Часть 2 «Идентификация медицинских препаратов»	ЛР10

Защита лабораторной работы (ЛР)

2.3.3 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы – не предусмотрены

2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1	Проработка учебного (теоретического) материала	<p>1. Спектральные методы анализа. Практическое руководство [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.И. Васильева [и др.]. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 416 с. — ISBN: 978-5-8114-1638-7. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/50168.</p> <p>2. Методические рекомендации к организации аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) работы студентов: методические указания / сост. Т.П. Стороженко, Т.Б. Починок, А.В. Беспалов, Н.В. Лоза. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2018. 89 с.</p>
2.	Подготовка к текущему контролю	<p>1. Спектральные методы анализа. Практическое руководство [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.И. Васильева [и др.]. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 416 с. — ISBN: 978-5-8114-1638-7. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/50168.</p> <p>2. Методические рекомендации к организации аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) работы студентов: методические указания / сост. Т.П. Стороженко, Т.Б. Починок, А.В. Беспалов, Н.В. Лоза. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2018. 89 с.</p>

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3. Образовательные технологии

В ходе изучения дисциплины предусмотрено использование следующих образовательных технологий: метод проблемного изложения материала; самостоятельное чтение студентами учебно-методической и справочной

литературы и последующей свободной дискуссии по освоенному ими материалу; использование, иллюстративных видеоматериалов с помощью мультимедийного оборудования. Технологии личностно-ориентированного обучения, позволяющие создавать индивидуальные образовательные технологии.

Компетентностный подход в рамках преподавания дисциплины реализуется в использовании интерактивных технологий и активных методов (проблемная лекция, работа в малых группах) в сочетании с внеаудиторной работой.

Информационные технологии, применяемые при изучении дисциплины: использование информационных ресурсов, доступных в информационно-телекоммуникационной сети Интернет.

Адаптивные образовательные технологии, применяемые при изучении дисциплины – для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «Масс-спектрометрия неорганических соединений и координационных соединений».

Фонд оценочных средств включает контрольные материалы для проведения **текущего контроля** в форме устного опроса и отчетов по лабораторным работам и **промежуточной аттестации** в форме вопросов к зачету.

Структура оценочных средств для текущей и промежуточной аттестации

№ п/п	Код и наименование индикатора (в соответствии с п. 1.4)	Результаты обучения (в соответствии с п. 1.4)	Наименование оценочного средства	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация
1	ИПК-2.1. Осуществляет исследование химических соединений и материалов с использованием современного химического оборудования	Знает применение метода масс-спектрометрии для анализа и идентификации неорганических и координационных соединений, способы пробоподготовки для анализа методом масс-спектрометрии,	Устный опрос	Вопрос на зачете
		Умеет оценивать возможности применения метода масс-спектрометрии	Лабораторная работа	Вопрос на зачете

		для анализа различных неорганических и координационных соединений		
		Владеет навыками проведения химического эксперимента для решения профессиональных задач	Лабораторная работа	Вопрос на зачете
2	ИПК-2.2. Обработывает и анализирует экспериментальные данные, полученные с использованием современной химической аппаратуры	Знает основные принципы расшифровки масс-спектров	Устный опрос	Вопрос на зачете
		Умеет расшифровывать масс-спектры, проводить пробоподготовку образцов для анализа методом масс-спектрометрии	Лабораторная работа	Вопрос на зачете
		Владеет основными методами получения и исследования химических веществ и реакций, навыками обработки и анализа полученных экспериментальных данных	Лабораторная работа	Вопрос на зачете
3	ИПК-3.1. Использует современные теоретические представления химической науки в своей профессиональной деятельности	Знает основные программы, позволяющие обрабатывать масс-спектры, наиболее крупные базы данных по масс-спектрам.	Устный опрос	Вопрос на зачете
		Умеет использовать базы данных по масс-спектрам неорганических и координационных соединений	Лабораторная работа	Вопрос на зачете
		Владеет опытом использования масс-спектропии в процессе проведения научных исследований	Лабораторная работа	Вопрос на зачете
4	ИПК-3.2. Интерпретирует результаты химического эксперимента на основе современных теоретических представлений	Знает основные теоретические представления об масс-спектропии органических и неорганических веществ	Устный опрос	Вопрос на зачете
		Умеет планировать проведение физико-химического эксперимента, а также интерпретировать полученные данные при анализе неорганических и координационных соединений	Лабораторная работа	Вопрос на зачете
		Владеет методами обработки результатов научных экспериментов с помощью современных компьютерных технологий	Лабораторная работа	Вопрос на зачете

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы:

Устный опрос

Компетенции проверяемые оценочным средством: ПК-2, ПК-3

Вариант 1

1. Метод масс-спектрометрии основан на ...
 - а) регистрации ионов, возникающих при возбуждении электронов;
 - б) регистрации ионов, возникающих при поглощении веществом электромагнитного излучения;
 - в) регистрации ионов, возникающих при магнитных колебаниях атомного ядра;
 - г) регистрации ионов, возникающих при ионизации нейтральных молекул.

2. Что происходит при бомбардировке электронами с высокой энергией паров вещества при давлении 10^{-5} – 10^{-8} мм рт.ст.?
 - а) ионизация;
 - б) протонизация;
 - в) циклизация;
 - г) полимеризация.

3. Молекулярным ионом называют ...
 - а) возбужденный катион, образующийся в результате диссоциации;
 - б) возбужденный анион-радикал, образующийся при принятии молекулой электрона под воздействием внешней энергии;
 - в) возбужденный ион, расположенный в магнитном поле;
 - г) возбужденный катион-радикал, образующийся при потере молекулой электрона под воздействием электронного удара.

Вариант 2

1. В чем заключается преимущество масс-спектрометрии?
 - а) специфичность и низкий предел обнаружения;
 - б) быстрота и точность определения структуры вещества;
 - в) простота проведения анализа;
 - г) высокая информативность по сравнению с другими методами.

2. В чем суть «азотного правила»?

- а) молекула с нечетной молекулярной массой содержит атом азота, либо содержит нечетное число атомов азота;
- б) молекула с четной молекулярной массой либо содержит атом азота, либо содержит четное число атомов азота;
- г) молекула с четной молекулярной массой либо не содержит атом азота, либо содержит нечетное число атомов азота;
- д) молекула с четной молекулярной массой либо не содержит атом азота, либо содержит четное число атомов азота.

3. «Четно-электронное» правило заключается в следующем

- а) ион-радикалы (нечетное количество электронов) или радикалы, или четно-электронные нейтральные молекулы могут элиминировать, тогда как ионы (четное число электронов) могут терять лишь нейтральные четно-электронные частицы, но не радикалы;
- б) катион-радикалы (нечетное количество электронов) или радикалы, или четно-электронные нейтральные молекулы могут элиминировать, тогда как ионы (четное число электронов) могут терять лишь положительно заряженные электронные частицы;
- в) анион-радикалы (нечетное количество электронов) или четно-электронные нейтральные молекулы могут элиминировать, тогда как ионы могут терять лишь нейтральные четно-электронные частицы, но не радикалы;
- г) катион-радикалы или радикалы, или четно-электронные нейтральные молекулы могут элиминировать, тогда как ионы (четное число электронов) могут терять лишь нейтральные четно-электронные частицы, но не радикалы.

Вариант 3

1. Определите формулу вещества по масс-спектру, если его брутто-формула C_4H_8O .

- а) бензойная кислота;
- б) бутанон;
- в) бутанол;
- г) бутаналь.

2. В чем заключается перегруппировка Мак-Лафферти?

- а) миграция атома водорода через четырехчленное переходное состояние, сопровождающаяся выделением нейтральной молекулы;
- б) миграция атома водорода через шестичленное переходное состояние, сопровождающаяся выделением нейтральной молекулы;
- в) выброс нейтральной молекулы при участии атомов водорода из различных положений;
- г) миграция атома водорода через шестичленное переходное состояние, сопровождающаяся выделением нейтральной молекулы.

3. Определите элементный состав соединения, исходя из интенсивностей изотопных пиков молекулярного иона: 108 (100 %), 109 (7,85 %) и 110 (0,45 %).

а) $C_7H_6O_2$;

б) C_6H_{12} ;

в) C_4H_4N ;

г) C_7H_8O .

Вариант 4

1. Определите формулу вещества, спектр которого содержит следующие значения m/z : 46, 45, 31, 29, 15.

а) этанол;

б) пропаналь;

в) изопропил;

г) метилсалицилат.

2. О чем можно судить по интенсивности пиков масс- спектров?

а) о химическом состоянии изучаемых атомов;

б) о количестве атомов данного элемента;

в) о химических свойствах изучаемых атомов;

г) о структуре вещества.

Критерии оценки:

Критерии	Оценка	Уровень
Правильно решены все три задания (в решениях/ответах может присутствовать небольшое число неточностей, не носящих принципиального характера).	«отлично»	повышенный (продвинутый) уровень
Одно из трех заданий выполнено правильно не менее, чем на 70 %, из остальных двух заданий правильно решены либо все, либо одно (в решениях может присутствовать небольшое число неточностей, не носящих принципиального характера).	«хорошо»	базовый уровень
Одно из трех заданий выполнено правильно не менее, чем на 50 %, но не более 70%, из остальных двух заданий правильно решено одно (в решениях может присутствовать небольшое число неточностей, не носящих принципиального характера).	«удовлетворительно»	пороговый уровень

характера).		
Правильно решена одна задач, остальные полностью не решены, либо не решена ни одна.	«неудовлетворитель но»	менее 50%, уровень не сформирован

Отчеты по лабораторным работам

Компетенции проверяемые оценочным средством: ПК-2, ПК-3

Лабораторная работа №7

Анализ смеси органических веществ методом хроматомасс-спектрометрии

Цель: изучение комбинированного тандемного квадрупольно-времяпролетного масс-спектрометра QStar Elite (MDS Sciex Applied Biosystems, Канада) и определение состава жидкой смеси.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ Комбинированный тандемный квадрупольно-времяпролетный масс спектрометр (QqTOF), предназначен для решения широкого круга исследовательских и прикладных задач. Применение в одном приборе двух масс-анализаторов и расположенной между ними ячейки столкновений позволяет проводить фрагментацию и последующий масс спектрометрический анализ предварительно отобранных родительских ионов пробы, тем самым существенно повышая достоверность определения структуры молекул пробы. Возможность применения различных источников ионов позволяет использовать прибор для анализа как жидких, так и газовых смесей. Метод тандемной масс-спектрометрии может быть использован для самых разнообразных приложений – от структурного анализа небольших молекул до качественного и количественного анализа протеинов и пептидов. Потоки элюента от 2 нл/мин до 2 мл/мин (в зависимости от источника ионов) позволяют совмещать прибор с различными системами для разделения сложных смесей – от электрофореза и нано ВЭЖХ до высокоскоростной ВЭЖХ. Прибор может быть совмещен со спектрометром ионной подвижности.

Система ввода пробы Для ввода образца в приборе предусмотрены следующие устройства: 1. Стандартный интегрированный шприцевой насос для работы с потоками от 10 нл/мин до 10 мл/мин. Величину потока определяют условиями ввода. 2. 10-портовый 2-позиционный вентиль.

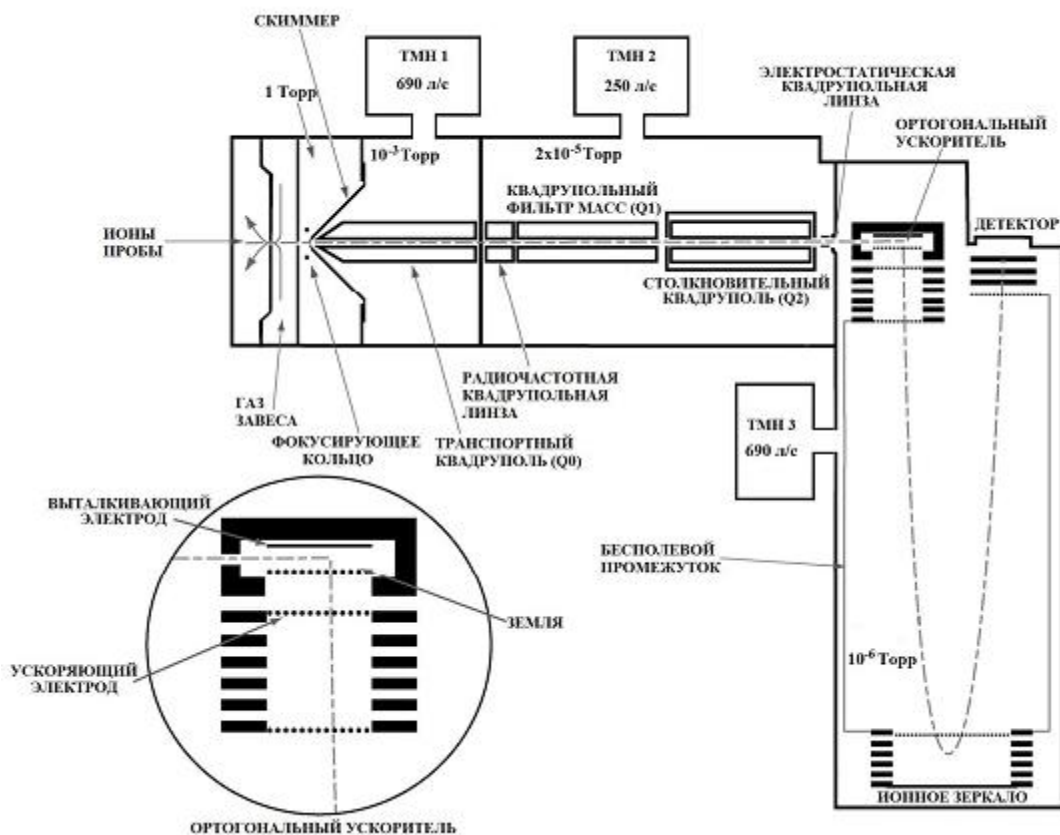


Рис. 1. – Принципиальная схема аналитической части тандемного квадрупольно-времяпролетного масс-спектрометра QStar Elite.

Источник ионов в комбинированном тандемном квадрупольно-времяпролётном масс-спектрометре принципиально предусмотрена возможность применения следующих методов ионизации пробы: - химическая ионизация при атмосферном давлении (APCI), - фотоионизация при атмосферном давлении (APPI), (рис. 1), - стимулированная матрицей лазерная десорбция (MALDI).

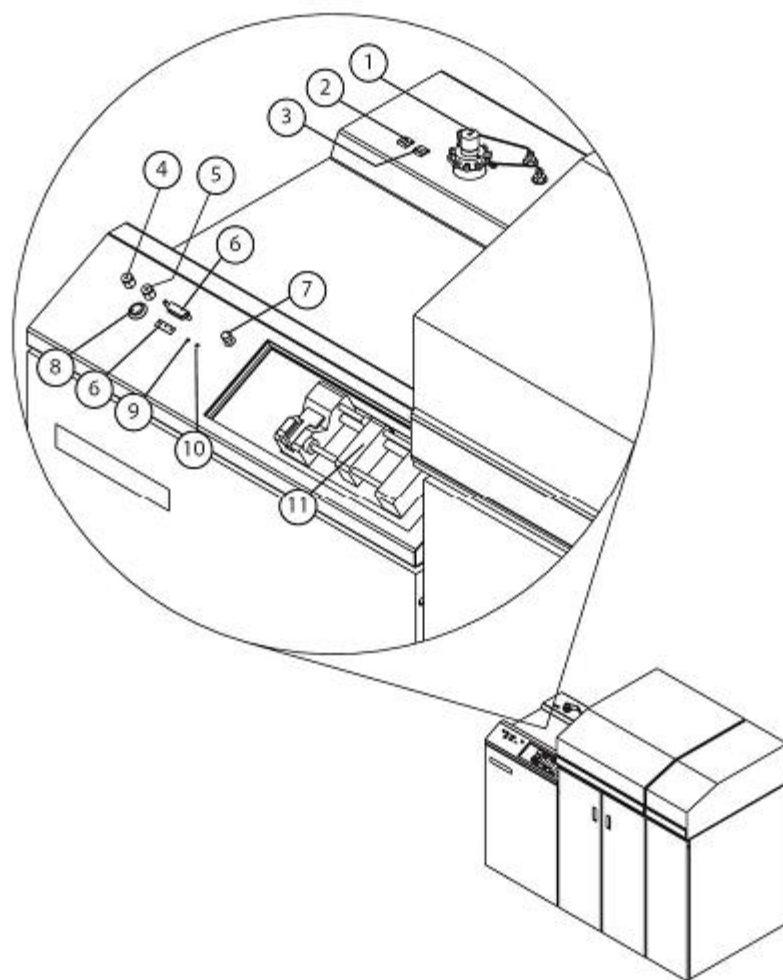


Рис. 2 – Панель источника ионов tandemного квадрупольно-времяпролетного масс-спектрометра QStar Elite.

Источник электрораспыления преобразует ионы из жидкой фазы в газовую фазу. Образцы вводятся через распылитель с высоким напряжением, вызывая распыление небольшого количества заряженных частиц. В ионном источнике ионы переходят в газовую фазу с поверхностного слоя дробящихся капель посредством процесса, названного «ионное испарение» (рис. 2). Комбинированный tandemный квадрупольно-времяпролётный масс-спектрометр оснащен источником ионов с электрораспылением с дополнительным горячим потоком осушенного газа (4000 °C) ортогонально к струе заряженных капель из электрораспылителя для повышения скорости испарения растворителя пробы в случае больших потоков. Источник ионов с электрораспылением позволяет непосредственно наблюдать ввод через стеклянное окошко, и снабжен удобным доступом к вакуумному интерфейсу. Источник включает следующие внешние соединения (рис. 2):

- девятипозиционный клапан маршрутизатор,
- кнопка загрузки, - кнопка слива,
- соединение для газа испарителя (Gas1),
- соединение для газа нагревателя (Gas2),
- разъём контроллера нагрева источника TurboIonSpray®,

- соединение для выхлопа,
- разъём подводки напряжения к источнику ионов,
- индикаторная лампочка (вакуум),
- аварийная индикаторная лампочка,
- шприцевой насос.

Интерфейс дифференциальной откачки.

Интерфейс дифференциальной откачки включает пластину газовой завесы, пластину ввода и скиммер (конус с отверстием). Между пластиной газовой завесы и пластиной ввода подается газ завесы – высокочистый (99,999%) азот. Поток газа завесы делится между потоком в вакуум через пластину ввода и потоком в источник, препятствующим попаданию нейтральных частиц в интерфейс. Система газовой завесы эффективно производит отсев нейтральных частиц и обеспечивает попадание в масс-спектрометр только ионов. Область между пластиной ввода и скиммером откачивается пластинчато-роторным насосом до давления 1 – 2 Торр. Потенциалы на пластинах и конусе оптимизируются таким образом, чтобы повысить эффективность прохождения ионов через бб интерфейс и подобрать оптимальные для данного анализа условия столкновения ионов с молекулами остаточного газа. Перенос ионов из области ионизации в квадрупольный анализатор осуществляется с помощью дополнительного транспортного квадруполя Q0, играющего роль ионопровода. Транспортный квадруполь всегда работает в радиочастотном режиме - режиме постоянного пропускания ионов всех масс. Транспортировка ионов через радиочастотный квадруполь производится при повышенном давлении для более эффективной фокусировки ионного пучка. Отсутствие нагревательных элементов и капилляров обеспечивают возможность анализа даже неустойчивых комплексов. Область, в которой располагается транспортный радиочастотный квадруполь, откачивается отдельным турбомолекулярным насосом и находится при давлении 10-3 Торр. Транспортный квадруполь Q0 фокусирует и переносит ионы из вакуумного интерфейса в область радиочастотной квадрупольной линзы и в область высокого вакуума ($2 \cdot 10^{-5}$ – $5 \cdot 10^{-6}$ Торр) квадрупольного фильтра масс Q1. Для того чтобы оптимизировать трансмиссию ионов, как Q0, так и радиочастотная квадрупольная линза, электрически связана с Q1 радиочастотным напряжением. Радиочастотное напряжение, приложенное к Q0 и квадрупольным линзам, это постоянная часть радиочастотного напряжения, приложенного к Q1.

Квадрупольный фильтр масс.

Квадрупольный фильтр масс представляет собой четыре цилиндрических электрода, установленные на керамической втулке, окружающей ионный пучок. В режиме времяпролетного анализатора (TOF) квадрупольный фильтр масс работает в радиочастотном режиме – режиме постоянного пропускания ионов в широком диапазоне масс. В режиме тандемной масс-спектрометрии (MS/MS) квадруполь Q1 работает как фильтр масс благодаря приложению постоянного напряжения. В режиме фильтрации масс квадрупольный масс-

спектрометр охватывает диапазон масс 5 – 6 000 а.е.м. с 67 разрешением на полувысоте 0,3 – 0,1 а.е.м. по всему диапазону масс. Область квадрупольного фильтра масс откачивается турбомолекулярным насосом до давления ($2 \cdot 10^{-5}$ – $5 \cdot 10^{-6}$ Торр).

Столкновительная ячейка.

Столкновительная ячейка предназначена для контролируемой диссоциации родительских ионов массы, выбранной квадрупольным фильтром. Получаемые в результате такой диссоциации дочерние ионы затем анализируются времяпролетным масс-анализатором. На основании результатов анализа делается заключение о структуре родительского иона или ионов. Внутри столкновительной ячейки располагается квадруполь Q2, который пространственно располагается между квадрупольным фильтром масс Q1 и времяпролетным масс-анализатором. Квадруполь Q2 осуществляет транспортировку ионов через столкновительную ячейку во времяпролетный масс-анализатор. Квадруполь Q2 постоянно работает в радиочастотном режиме. Обычно радиочастотное напряжение перешагивает два или три диапазона в течение сканирования для того чтобы пропустить более широкий диапазон масс. Столкновительная ячейка ограничена керамическим корпусом. В режиме тандемной масс-спектрометрии давление в ячейке повышается вследствие подачи столкновительного газа - высокочистого (99.999%) азота либо аргона. Поток газа контролируется программно. Внутри корпуса находится квадруполь Q1, ограниченный с каждой из сторон промежуточными линзами.

Времяпролетный масс-анализатор.

В масс-спектрометре используется времяпролетный масс-анализатор типа масс-рефлектор с ортогональным вводом. Ионы из ячейки столкновений через узкую щель попадают в ортогональный ускоритель, заполняют его и, после приложения выталкивающего импульса ускоряются перпендикулярно первоначальному движению в направлении ионного зеркала. После отражения в ионном зеркале ионы ускоряются в направлении детектора. За время движения во времяпролетном масс-анализаторе ионы разделяются по времени пролета. Ортогональный ускоритель позволяет минимизировать исходный разброс ионов по компоненте скоростей в направлении времяпролетного разделения. Ионное зеркало позволяет компенсировать начальный разброс по координате старта в направлении времяпролетного разделения. Как результат – масс-анализатор делает возможным достижение высокой разрешающей способности. Времяпролетный масс-спектрометр охватывает диапазон масс 5 – 40 000 а.е.м. с разрешающей способностью на полувысоте 15 000 по m/z 956. Точность определения массы с внутренним стандартом составляет менее $2 \cdot 10^{-6}$. Точность определения массы без внутреннего стандарта составляет менее $5 \cdot 10^{-6}$. Частота сбора данных составляет до 20 спектров/с при скорости работы детектора 7,6 ГГц. Линейный динамический диапазон составляет $1 \cdot 10^4$ импульсов/с. Область времяпролетного масс-спектрометра откачивается турбомолекулярным насосом до давления ($1 \cdot 10^{-6}$ – $7 \cdot 10^{-7}$ Торр).

Детектор.

Масс-спектрометр оснащен вторично-электронным умножителем на основе сборки микроканальных пластин с коэффициентом умножения 10^6 . Анод умножителя разделен на четыре независимых сегмента. Каждый сегмент соединен с собственным предусилителем и дискриминатором. Детектор конвертирует каждый электронный импульс в импульс напряжения порядка 100 мВ для каждого иона.

Система регистрации.

В приборе применяется система регистрации на основе многоканального временного анализатора (TDC – преобразователь время-код). Такая система осуществляет синхронизованный с выталкивающим импульсом ортогонального акселератора счет 69 ионов по мере достижения ими детектора. При регистрации события поступления иона на детектор такая система записывает время пролета иона – временной интервал между стартом иона (выталкивающим импульсом) и событием поступления иона на детектор. Многоканальный временной анализатор имеет 8 независимых каналов записи времен пролета. Одновременно может быть записано не более 4-х событий поступления ионов на детектор. Временное разрешение составляет 132 пс.

Вакуумная система.

Вакуумная система масс-спектрометра QStar Elite включает один пластинчато-роторный насос и три турбомолекулярных насоса из которых насос 690 л/с откачивает область транспортного квадруполя, насос 250 л/с откачивает область квадрупольного фильтра масс и насос 690 л/с откачивает область времяпролетного масс-анализатора.

РАБОТА С КВАДРУПОЛЬНО-ВРЕМЯПРОЛЕТНЫМ МАСС-СПЕКТРОМЕТРОМ QSTAR ELITE.

Конструктивно масс-спектрометр состоит из аналитической стойки, отдельно стоящего насоса предварительной откачки, генератора азота, компьютера. В аналитической стойке (рис. 3.3) находятся камера анализатора (с расположенными в ней источником ионов, интерфейсом дифференциальной откачки, квадрупольным анализатором, столкновительной ячейкой, времяпролетным анализатором и детектором), элементы вакуумной системы и блоки их питания: три турбомолекулярных насоса; общий выключатель питания, выключатель питания стойки и высоковакуумной системы; вакуумметр; блоки питания элементов аналитической части и система управления и сбора данных. 70 Отдельно стоящий насос форвакуумной откачки включается общим выключателем питания. Генератор азота включается сетевым выключателем на лицевой панели. Модуль бесперебойного питания обеспечивает защиту от кратковременного падения напряжения.

Подготовка масс-спектрометра к измерениям.

1. Включить генератор азота.
2. Включить общий выключатель питания на задней панели аналитической стойки масс-спектрометра QStar Elite. При этом должен включиться отдельно расположенный пластинчато- роторный насос.

3. Через 10 мин после включения пластинчато-роторного насоса включить выключатель аналитической стойки. После этого с небольшой задержкой должны включиться турбомолекулярные насосы. Лампочка «Status» должна начать мигать зеленым светом.

4. Дождаться, когда давление в камере анализатора окажется ниже $1 \cdot 10^{-6}$ мм. рт. ст. При этом лампочка «Status» должна перестать мигать и постоянно гореть зеленым светом.

5. Включить компьютер и запустить программу «QSAlyst 2.0».

6. Выбрать пункт меню «Hardware configuration» и активировать профиль нажатием клавиши «Activate profile». После успешной активации в правом нижнем углу экрана должен загореться зеленый индикатор.

7. Для работы выбрать опцию «Manual turning».

8. В двух доступных методах управления – управления шприцевым насосом и масс-спектрометром установить необходимые параметры эксперимента.

Проведение измерений.

1. Набрать пробу в шприц.

2. Подключить шприц к каналу подачи пробы.

3. Установить шприц в шприцевой насос.

4. В окне управления шприцевым насосом запустить шприцевой насос.

5. В окне управления масс-спектрометром нажать кнопку Start.

6. После завершения измерений выключить шприцевой насос.

Выключение масс-спектрометра.

После завершения анализа достаточно деактивировать профиль. При этом прибор переводится в спящий режим. Полное выключение прибора необходимо только в случае выполнения сервисных работ. Полное выключение прибора выполняется при деактивированном профиле в следующем порядке.

1. Открыть верхнюю крышку аналитической стойки и выключить выключатель аналитической стойки (перевести верхнюю кнопку в среднее положение). Лампочка «Status» должна погаснуть.

2. Через 5 мин выключить общий выключатель питания аналитической стойки. Форвакуумный насос должен выключиться. Через 15 мин давление внутри вакуумной системы должно быть равно атмосферному давлению.

3. Через 15 мин после выключения форвакуумного насоса можно выключить генератор азота.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.

Исходные данные. В качестве исследуемой пробы выбирается раствор спирта. Анализ проводится на квадрупольно- времяпролетном масс-спектрометре QStar Elite. Задание. Ознакомиться с принципом действия квадрупольно- времяпролетного масс-спектрометра. Измерить массовый состав жидкой смеси, идентифицировать линии массового спектра.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.

1. Включить и подготовить масс-спектрометр к измерениям.

2. Настроить масс-спектрометр на оптимальный режим измерения.

3. Записать массовый спектр (не менее 10 раз).

4. Статистически обработать результаты измерений и идентифицировать компоненты смеси.

5. Рассчитать разрешающую способность масс-спектрометра по основным пикам масс спектра.

6. После выполнения работы перевести прибор в спящий режим, деактивировав профиль.

В отчете о лабораторной работе должно быть приведено следующее: - структурная схема масс-спектрометра и описание назначения ее элементов; - полученные массовые спектры; - расчет разрешающей способности (по масс-спектру) для низких и высоких значений масс ионов; - результаты идентификации массовых линий; - результаты статистической обработки состава исследуемой смеси. Все цифровые результаты должны быть оформлены в виде таблиц.

Вопросы к лабораторной работе.

1. Объяснить принцип работы квадрупольного и времяпролетного масс-спектрометров.

2. Перечислить факторы, влияющие на разрешающую способность и чувствительность квадрупольного и времяпролетного масс-спектрометров.

3. Назвать достоинства и недостатки квадрупольного и времяпролетного масс-спектрометров.

4. Каковы источники фона квадрупольного и времяпролетного масс-спектрометров?

5. Объяснить устройство вакуумной системы прибора.

Критерии оценки:

Критерии	Оценка	Уровень
Студент самостоятельно или в составе малой группы выполнил лабораторную работу, предусмотренную учебным планом, а также дает ответы на вопросы по этой работе при ее защите преподавателю.	«зачтено»	пороговый уровень
Студент не выполнил лабораторную работу, либо не способен ответить на вопросы при ее защите.	«не зачтено»	уровень не сформирован

Перечень лабораторных работ

Тематика занятий/работ	№
«Блок-схема масс-спектрометра. Основные принципы метода масс-спектрометрии»	ЛР1
«Работа с библиотекой масс-спектров»	ЛР2
Часть 1 «Установление структуры вещества по масс-спектру с использованием баз данных»	ЛР3
Часть 2 «Установление структуры вещества по масс-спектру с использованием баз данных»	ЛР3
Часть 1 «Изучение процессов фрагментации»	ЛР4
Часть 2 «Изучение процессов фрагментации»	ЛР4
Часть 1 «Ручная расшифровка масс-спектров и построение схемы фрагментации соответствующих соединений»	ЛР5
Часть 2 «Ручная расшифровка масс-спектров и построение схемы фрагментации соответствующих соединений»	ЛР5
Часть 1 «Постройте хроматограммы по отдельным ионам, характеризующим наличие заданного класса соединений»	ЛР6
Часть 2 «Постройте хроматограммы по отдельным ионам, характеризующим наличие заданного класса соединений»	ЛР6
Часть 1 «Анализ смеси веществ методом хроматомасс-спектрометрии»	ЛР7
Часть 2 «Анализ смеси веществ методом хроматомасс-спектрометрии»	ЛР7
Часть 1 «Анализ состава координационных соединений d- и f-элементов»	ЛР8
Часть 2 «Анализ состава координационных соединений d- и f-элементов»	ЛР8
«Определение состава железных и медных сплавов»	ЛР9
Часть 1 «Идентификация медицинских препаратов»	ЛР10
Часть 2 «Идентификация медицинских препаратов»	ЛР10

Указания к составлению отчётов о выполнении работы

Все наблюдения и выводы по экспериментальной работе следует заносить в рабочий журнал, отражающий всю работу студента. На обложке или на первой странице журнала должны быть написаны фамилия студента, его инициалы, номер группы и название практикума. Записи в

журнале производят только чернилами, лаконично, аккуратно, непосредственно после проведения опыта. Запись должна содержать:

1. Дату выполнения работы.
2. Название темы и название опыта
3. Последовательность проведения операций опыта.
4. Описание условий проведения опыта.
5. Рисунок или схему используемого прибора.
6. Уравнения всех происходящих в опытах реакций.
7. Изменение окраски веществ, выделение и характер осадка.
8. Расчеты, проводимые при выполнении работы.
9. Ответы на поставленные в руководстве вопросы.
10. Выводы.

Критерии оценки

Критерии	Оценка	Уровень
Владение навыками планирования, прогнозирования и проведения химического эксперимента, безопасной работы в химической лаборатории; владение приемами разработки и реализации методов синтеза координационных соединений; владение техникой эксперимента, приемами измерения физических величин с заданной точностью; владение навыками работы на приборах, анализа и интерпретации полученных экспериментальных результатов.	зачтено	повышенный (продвинутый) уровень
Владение навыками проведения химического эксперимента, безопасной работы в химической лаборатории; владение методами синтеза координационных соединений; владение техникой эксперимента, приемами измерения физических величин с заданной точностью; владение навыками работы на приборах, анализа и интерпретации	зачтено	базовый уровень

полученных экспериментальных результатов.		
Отсутствие владения навыками химического эксперимента, безопасной работы в химической лаборатории; невладение методами синтеза координационных соединений; отсутствие владения техникой эксперимента, приемами измерения физических величин с заданной точностью; отсутствие владения навыками работы на приборах, анализа и интерпретации полученных экспериментальных результатов.	не зачтено	уровень не сформирован

**Зачетно-экзаменационные материалы
для промежуточной аттестации (экзамен/зачет)**

**Вопросы для подготовки к зачету
Компетенции проверяемые оценочным средством: ПК-2, ПК-3**

1. Блок-схема масс-спектрометра.
2. Основные принципы метода масс-спектрометрии.
3. Системы ввода пробы в масс-спектрометр.
4. Основные задачи масс-спектрометрии в аналитике и биофизике
5. . Общие представления о масс-спектрометрическом методе анализа.
6. Аналитическая характеристика метода масс-спектрометрии.
7. Способы ионизации и их аналитическое использование.
8. Принцип работы и схема масс-спектрометра с магнитным масс-анализатором.
9. Применение масс-спектрометрии для анализа органических соединений и элементного и изотопного анализа.
10. Определение примесей в твердых веществах методом искровой масс-спектрометрии.
11. Методы ионизации газов и летучих жидкостей.
12. Электронная ионизация веществ в газовой фазе.
13. Химическая ионизация в ионно-молекулярных реакциях.
14. Ионизация при атмосферном давлении.
15. Методы ионизации нелетучих веществ.
16. Полевая десорбция.
17. Плазменная десорбция.
18. Спрей-методы ионизации.
19. Электроспрей-методы ионизации.
20. Газодинамические интерфейсы спрей-методов.

21. Матрично-десорбционные методы анализа биоорганических веществ.

Критерии оценивания по зачету:

Ответ оценивается **«зачтено»**, если студент:

полно раскрыл содержание материала в области, предусмотренной программой; изложил материал грамотным языком в определенной логической последовательности, точно использовал терминологию; показал умения иллюстрировать теоретические положения конкретными примерами из практики; продемонстрировал усвоение изученных сопутствующих вопросов, сформированность и устойчивость знаний; отвечал самостоятельно без наводящих вопросов; возможны одна – две неточности при освещении второстепенных вопросов.

Ответ оценивается **«незачтено»** в следующих случаях:

не раскрыто основное содержание учебного методического материала; обнаружено незнание и непонимание студентом большей или наиболее важной части дисциплины; допущены ошибки в определении понятий, при использовании терминологии, которые не исправлены после нескольких наводящих вопросов преподавателя; допускает ошибки в освещении основополагающих вопросов дисциплины.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в печатной форме увеличенным шрифтом,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

5. Перечень учебной литературы, информационных ресурсов и технологий

5.1 Учебная литература

1. Спектральные методы анализа. Практическое руководство [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.И.Васильева [и др.]. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 416 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/50168>

2. Пентин, Ю.А. Основы молекулярной спектроскопии [Текст] : учебное пособие для студентов вузов / Ю. А. Пентин, Г. М. Курамшина. - М. : Мир : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. - 398 с. : ил. - (Методы в химии). - Библиогр. : с. 392-393. - ISBN 9785947747652. - ISBN 9785030038469.

https://www.studmed.ru/pentin-yu-a-kuramshina-g-m-osnovy-molekulyarnoy-spektroskopii_57acfe77014.html

3. Пентин, Ю.А. Физические методы исследования в химии [Текст] : Учебник для студентов вузов. - М. : Изд-во "МИР" Изд-во "АСТ", 2003. - 683с. : ил. - (Методы в химии). - Библиогр. : с. 658-661. - ISBN 5030034706. - ISBN 5170187602 : 358.00.

https://www.studmed.ru/pentin-yu-a-vilkov-l-v-fizicheskie-metody-issledovaniya-v-himii_5ff6dc84429.html

4. Маряхина, В.С. Теоретические основы методов спектрального анализа [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.С. Маряхина, Е.А. Кунавина, Е.А. Строганова ; Министерство образования и науки Российской Федерации,

5.2 Периодическая литература

1. «Журнал прикладной спектроскопии».
2. «Успехи химии».
3. «Координационная химия».
4. «Химия и жизнь».

5.3. Интернет-ресурсы, в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Электронно-библиотечные системы (ЭБС):

1. ЭБС «ЮРАЙТ» <https://urait.ru/>
2. ЭБС «УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН»
www.biblioclub.ru
3. ЭБС «BOOK.ru» <https://www.book.ru>
4. ЭБС «ZNANIUM.COM» www.znanium.com
5. ЭБС «ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com>

Профессиональные базы данных:

1. Web of Science (WoS) <http://webofscience.com/>
2. Scopus <http://www.scopus.com/>
3. ScienceDirect www.sciencedirect.com
4. Журналы издательства Wiley <https://onlinelibrary.wiley.com/>
5. Научная электронная библиотека (НЭБ) <http://www.elibrary.ru/>
6. Полнотекстовые архивы ведущих западных научных журналов на Российской платформе научных журналов НЭИКОН <http://archive.neicon.ru>
7. Национальная электронная библиотека (доступ к Электронной библиотеке диссертаций Российской государственной библиотеки (РГБ)) <https://rusneb.ru/>
8. Электронная коллекция Оксфордского Российского Фонда <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kubanstate/home.action>
9. Springer Journals <https://link.springer.com/>
10. Nature Journals <https://www.nature.com/siteindex/index.html>
11. Springer Nature Protocols and Methods <https://experiments.springernature.com/sources/springer-protocols>
12. Springer Materials <http://materials.springer.com/>

13. Springer eBooks: <https://link.springer.com/>

Ресурсы свободного доступа:

1. Американская патентная база данных <http://www.uspto.gov/patft/>
2. Полные тексты канадских диссертаций <http://www.nlc-bnc.ca/thesescanada/>
3. КиберЛенинка (<http://cyberleninka.ru/>);
4. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru/>;
5. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов <http://school-collection.edu.ru/>.

Собственные электронные образовательные и информационные ресурсы КубГУ:

1. Среда модульного динамического обучения <http://moodle.kubsu.ru>
2. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций <http://mschool.kubsu.ru/>
3. Библиотека информационных ресурсов кафедры информационных образовательных технологий <http://mschool.kubsu.ru;>
4. Электронный архив документов КубГУ <http://docspace.kubsu.ru/>

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Успешное изучение дисциплины «Масс-спектрометрия неорганических соединений и координационных соединений» требует от студентов регулярного посещения лекций, а также активной работы на практических занятиях, выполнения и защиты лабораторных работ, ознакомления с основной и дополнительной рекомендуемой литературой.

При подготовке к лекционному занятию студентам рекомендуется:

- 1) просмотреть записи предыдущей лекции и восстановить в памяти ранее изученный материал;
- 2) бегло просмотреть материал предстоящей лекции, с целью лучшего усвоения нового материала;
- 3) самостоятельно проработать отдельные фрагменты темы прошлой лекции, если это необходимо.

При конспектировании лекционного материала студентам нужно стремиться кратко, схематично, последовательно и логично фиксировать основные положения, выводы, обобщения и формулировки, не пытаясь записать весь преподаваемый материал слово в слово.

При подготовке к лабораторному занятию рекомендуется:

- 1) внимательно изучить материал предстоящей работы и составить план ее выполнения;

2) уделить повышенное внимание экспериментальным особенностям предстоящей работы (используемым реактивам и оборудованию, а также технике работы с ними);

Выполнять лабораторную работу необходимо аккуратно и последовательно, отражая все ее основные этапы в лабораторном журнале. Для успешной защиты лабораторной работы необходимо тщательно изучить лекционный и, если это необходимо, дополнительный теоретический материал по теме работы, а также правильно заполнить лабораторный журнал, сделав все необходимые расчеты и сформулировав выводы по проделанной работе.

При подготовке к устному опросу рекомендуется:

1) ознакомиться с темой и планом занятия, чтобы выяснить круг вопросов, которые будут обсуждаться на занятии;

2) поработать с конспектом лекции по теме занятия, а также ознакомиться с рекомендуемой литературой и (при необходимости) дополнительными источниками информации в виде периодических изданий и Интернет-ресурсов.

Самостоятельная работа наряду с аудиторной представляет одну из важнейших форм учебного процесса. Самостоятельная работа — это планируемая работа студентов, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа предназначена не только для овладения представленной дисциплиной, но и для формирования навыков работы вообще, в учебной, научной, профессиональной деятельности, способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решать возникающие проблемы, находить правильные решения и т.д.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

7. Материально-техническое обеспечение по дисциплине (модулю)

Наименование специальных помещений	Оснащенность специальных помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	Microsoft Windows; Microsoft Office
Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа,	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения:	Microsoft Windows; Microsoft Office

групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	экран, проектор, компьютер	
Учебные аудитории для проведения лабораторных работ. Лаборатория 435С.	Учебная лаборатория, укомплектованная специализированной мебелью, вытяжной системой вентиляции, меловыми досками, средствами пожарной безопасности и оказания первой медицинской помощи, лабораторным оборудованием: весы теххимические, электрические плитки, наборы химической посуды и реактивов, водяные бани, термометры, магнитные мешалки с подогревом ММ-135Н «Таглер», рН-метр «Эксперт-001-3.04», спектрофотометр В-1100 ЭКОВЬЮ, лабораторный источник питания ПРОФКИП Б5-71/1М, весы аналитические Adventurer Pro AV114С	Microsoft Windows; Microsoft Office
Учебные аудитории для курсового проектирования (выполнения курсовых работ)	Курсовая работа не предусмотрена учебным планом.	

Для самостоятельной работы обучающихся предусмотрены помещения, укомплектованные специализированной мебелью, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Наименование помещений для самостоятельной работы обучающихся	Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся	Перечень лицензионного программного обеспечения
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (читальный зал Научной библиотеки)	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные	Microsoft Windows; Microsoft Office

	<p>столы</p> <p>Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно- коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно- образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)</p>	
<p>Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ауд. 431С)</p>	<p>Мебель: учебная мебель</p> <p>Комплект специализированной мебели: компьютерные столы</p> <p>Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно- коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно- образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)</p>	<p>Microsoft Windows; Microsoft Office</p>