

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»**

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине  
**Использование масс-спектрометрии в клинической химии**

Направление подготовки 04.04.01 Химия  
Направленность (профиль)  
Аналитическая химия и химическая экспертиза

Ставрополь, 2026

## ВВЕДЕНИЕ

Масс-спектрометрия сегодня – это наиболее быстрый, чувствительный и информативный метод анализа химических и биологических соединений любой сложности: от химических элементов до биополимеров (белки, сахара, нуклеиновые кислоты). Современный масс-спектрометр базируется на основополагающей работе, сделанной сэром Дж. Дж. Томсоном в Кэвендишевской лаборатории Кембриджского университета. Исследования Томсона, приведшие к открытию электрона в 1897 году, также привели к созданию первого масс-спектрометра, построенного им для изучения влияния электрического и магнитного полей на ионы, генерируемые в остаточном газе на катоде рентгеновской трубки. Томсон обратил внимание, что эти ионы движутся по параболическим траекториям, пропорциональным отношениям их массы к заряду. В 1906 году Томсон получил Нобелевскую премию по физике за «Выдающиеся заслуги в теоретическом и экспериментальном изучении электропроводимости газов». Период с 1930-ых по начало 1970-ых годов отмечен выдающимися достижениями в области масс-спектрометрии. К концу Первой мировой войны работы Френсиса Астона и Артура Демпстера привели к значительному улучшению точности и воспроизводимости измерений на масс-спектрометрах. Позднее Альфред Нир воплотил эти достижения вместе со значительным продвижением в вакуумной технике и электронике в конструкцию массспектрометра, значительно сократив его размеры. Нир и Джонсон впервые построили масс-спектрометр с двойной фокусировкой. Еще раньше, в 1946 году, Уильям Стивенс предложил концепцию время-пролетных анализаторов, способных разделять ионы путем измерения скоростей их движения по прямому пути к коллектору. В середине 1950-ых годов Вольфганг Пол разработал квадрупольный масс-анализатор. Этот анализатор способен разделять ионы с помощью осциллирующего электрического поля. Другой инновационной разработкой Пола было создание квадрупольной ионной ловушки, специально предназначенной для захвата и измерения масс ионов.

## **Основные определения и понятия**

Существенное отличие масс-спектрометрии от других аналитических спектральных, например оптических, методов состоит в том, что оптические методы детектируют излучение или поглощение энергии молекулами или атомами, а масс-спектрометрия – непосредственно сами частицы вещества. Прибор, осуществляющий измерение отношения массы фрагмента молекулы к его заряду, называется масс-спектрометр. Попадая в него, анализируемые молекулы, последовательно ионизируются, получившиеся в результате этого ионы разделяются в зависимости от присущих им отношений массы к заряду и детектируются.

## **Вопросы и задачи**

1. Теоретические основы спектрометрии.
2. Взаимодействие веществ с электромагнитным излучением.
3. Классификация методов анализа.
4. Общая характеристика и классификация физико-химических методов анализа и их достоинства.
5. Общая характеристика и классификация физических методов анализа.
6. Оптические методы физико-химического анализа. Классификация.
7. Сущность фотометрического анализа. Происхождение молекулярных спектров.
8. Спектры поглощения. Зависимость поглощения от строения молекул или ионов.
9. Законы поглощения электромагнитного излучения. Основное уравнение фотометрического анализа.

10. Основные приемы фотометрического анализа. Метод сравнения. Метод градуировочного графика.
11. Метод добавок в анализе многокомпонентных систем.
12. Метод фотометрического титрования.
13. Метод дифференциальной фотометрии.
14. Нефелометрический метод анализа.
15. Турбидиметрический метод анализа.
16. Люминесценция. Виды люминесценции.
17. Спектры поглощения и спектры люминесценции.
18. Зависимость интенсивности люминесценции (флуоресценции) от концентрации и использование ее в анализе. Тушение люминесценции.
19. Применение люминесцентного метода анализа. Сортной анализ. Люминесцентная микроскопия. Люминесцентный химический анализ.
20. Сущность хроматографии. Классификация хроматографических методов разделения и анализа.
21. Хроматограммы в колоночной хроматографии. Элюирование.
22. Ионообменная хроматография. Иониты. Применение ионного обмена в аналитической химии.
23. Распределительная хроматография. Бумажная хроматография. Тонкослойная хроматография.
24. Высокоэффективная жидкостная хроматография.
25. Газовая хроматография.
26. Рассчитать концентрацию вещества в растворе, если известно, что  $\epsilon = 100$ , кювета стандартная 1 см, а величина  $D_{546} = 2$ .

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Методические указания по организации и проведению самостоятельной**  
**работы студентов**  
**по дисциплине**  
**Возможности и ограничения спектральных методов анализа**

Направление подготовки 04.04.01 Химия

Аналитическая химия и химическая экспертиза

Ставрополь, 2026

## Пояснительная записка

Цель самостоятельной работы студентов:

1. Систематизировать современные процессы интеграции Российского высшего образования в общеевропейскую и мировую образовательную практику; раскрыть сущность проблем организации учебно-воспитательного процесса на современном этапе развития высшего образования.
2. Подобрать такой дидактический материал для самостоятельной работы, который бы позволил применить полученные знания на практике и развивать инициативу, активность и творческие способности.
3. Помочь студентам в формировании у них компетенций, согласно учебного плана.

Основными формами работы и контроля студентов являются:

Индивидуальное решение заданий, позволяющих оценивать и диагностировать уровень обученности, уровень умений и навыков по дисциплине.

Собеседование - форма учебной деятельности, специальная беседа преподавателя со студентом на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, рассчитанная на выяснение объема знаний студента по определенному разделу, теме, проблеме и т. п., позволяющая оценить их умение аргументировать собственную точку зрения, предполагающая всестороннее обсуждение какого-либо вопроса, проблемы или сопоставлении информации, идей, мнений, предложений.

Реферат - раскрытие сущности исследуемой проблемы, включающее обращение к различным точкам зрения на вопрос, а также изложение собственных взглядов на нее.

Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работе студентов.

Индивидуальное решение заданий, позволяющих оценивать и диагностировать уровень обученности, уровень умений и навыков студентов по дисциплине «Практическая хроматография».

Для подготовки к выполнению задания следует изучить и проанализировать рекомендованную литературу и на их основании подготовиться к изложению темы.

При проверке задания оцениваются

- уверенное владение материалом;
- умение четко и логично излагать свои мысли;
- умение творчески подходить к решению основных проблем темы;
- самостоятельность мышления, умение отстаивать свою позицию в ходе последующих дискуссий,
- самостоятельная и выразительная устная речь, полностью раскрывающая суть проблематики задания.

Собеседование - форма учебной деятельности, специальная беседа преподавателя со студентом на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, рассчитанная на выяснение объема знаний студента по определенному разделу, теме, проблеме и т.п., позволяющая оценить их умение аргументировать собственную точку зрения, предполагающая всестороннее обсуждение какого-либо вопроса, проблемы или сопоставлении информации, идей, мнений, предложений.

Принципиальные отличия заданий базового уровня от повышенного заключаются в большем объеме фактов и событий, в сравнительно-аналитическом характере изложения материала, его теоретической (методологической) составляющей.

Для подготовки к каждой теме следует изучить и законспектировать рекомендованные источники и научную литературу и на их основании

подготовиться к указанным в методических материалах вопросам для обсуждения.

При проверке задания, оцениваются:

- активное участие в работе;
- уверенное владение материалом;
- умение четко и логично излагать свои мысли;
- умение творчески подходить к решению основных вопросов темы;
- самостоятельность мышления,
- полное соответствие конспекта установленным требованиям;
- самостоятельная устная речь, полностью раскрывающая суть

проблематики собеседования.

Реферат - раскрытие сущности исследуемой проблемы, включающее обращение к различным точкам зрения на вопрос, а также изложение собственных взглядов на нее.



## Структура и содержание реферата

Структура реферата включает в себя следующие элементы:

1. титульный лист;
2. оглавление;
3. введение;
4. основная часть;
5. заключение;
6. список литературы и источников;
7. приложение.

*Титульный лист* - это информация о выходных данных вашей работы. Он является первой страницей научной работы и заполняется по строго определенным правилам. Титульный лист не нумеруется.

В *оглавлении* текста последовательно излагаются названия пунктов реферата с указанием страницы, с которой начинается каждый пункт. Заголовки оглавления должны точно повторять заголовки в тексте. Сокращать или давать их в другой формулировке, последовательности и соподчиненности по сравнению с заголовками в тексте нельзя. Заголовки одинаковых ступеней рубрикации необходимо располагать друг под другом. Заголовки каждой последующей ступени смещают на три-пять знаков вправо по отношению к заголовкам предыдущей ступени. Все заголовки начинают с прописной буквы без точки на конце. Последнее слово каждого заголовка соединяют отточием с соответствующим ему номером страницы в правом столбце оглавления.

*Введение к работе.* Здесь обычно обосновываются актуальность выбранной темы, цель и содержание поставленных задач, формулируются объект и предмет исследования, указывается избранный метод (или методы) исследования.

*Содержание глав основной части* должно точно соответствовать теме реферата и полностью её раскрывать. Эти главы должны показать умение автора, сжато, логично и аргументировано излагать материал. Важно понимать, что каждая глава должна представлять собой законченное произведение. Её

следует начинать постановкой рассматриваемой задачи, а завершать четкими, аргументированными выводами. Все приводимые в работе данные обязательно следует сопровождать подстрочной ссылкой на источник, описание которого должно приводиться в соответствии с требованиями библиографических стандартов. Как правило, основная часть реферата состоит из 2-3 глав, которые в случае необходимости разбиваются на параграфы.

Реферат заканчивается заключительной частью, которая так и называется «*заключение*». Этот синтез - последовательное, логически стройное изложение полученных итогов и их соотношение с общей целью и конкретными задачами, поставленными и сформулированными во введении.

После заключения помещается *библиографический список использованной литературы*, куда включаются оригинальные тексты, монографические исследования, научные статьи, учебные пособия и др.

Каждый включенный в такой список литературный источник должен иметь отражение в тексте реферата. Если автор реферата делает ссылку на какие-либо заимствованные факты или цитирует работы других авторов, то он должен обязательно указать в подстрочной ссылке, откуда взяты приведенные материалы. Список литературы должен включать не менее 10 источников.

Объем реферата должен составлять не менее 24 страниц машинописного текста. Объем приложений не ограничивается.

## Общие требования к оформлению реферата.

Текст реферата должен быть напечатан на одной стороне стандартного листа белой односторонней бумаги формата А4 (210×297 мм) через полтора интервала (размер шрифта - 14) с применением черных чернил с полями вокруг текста. Размер левого поля 30 мм, правого - 10 мм, верхнего - 20 мм, нижнего - 20 мм. При таких полях каждая страница должна содержать приблизительно 1800 знаков (30 строк, по 60 знаков в строке, считая каждый знак препинания и пробел между словами также за печатный знак).

Текст перепечатывается в строго последовательном порядке. Не допускаются разного рода текстовые вставки и дополнения, помещаемые на отдельных страницах или на оборотной стороне листа, и переносы кусков текста в другие места. Все сноски и подстрочные примечания перепечатываются (через один интервал) на той странице, к которой они относятся. Все страницы нумеруются, начиная с титульного листа. Цифру, обозначающую порядковый номер страницы, ставят в правом углу верхнего поля листа (на первой и второй странице цифру, обозначающую порядковый номер, не ставят).

Приложение для рефератов являются желательным, но необязательным элементом. В приложение обычно входят различные таблицы, графики, схемы, рисунки и т.п. Приложения помещают после списка использованных библиографических источников в порядке их упоминания в тексте. Каждое приложение следует начинать с нового листа. Приложение не входит в параметры минимального объема работы.

### Критерии оценки самостоятельной работы студентов

Критерии оценивания результатов самостоятельной работы студентов разработаны с учетом требований ФГОС ВО. Задания, выносимые на самостоятельную работу, оцениваются по шкале «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно».

Оценка «отлично» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает материал; свободно справляется с задачами,

вопросами и другими видами применения знаний; использует в ответе дополнительный материал все предусмотренные программой задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному; анализирует полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено полностью, необходимые практические компетенции в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое. Студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, большинство предусмотренных программой заданий выполнено, но в них имеются ошибки, при ответе на поставленный вопрос студент допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, наблюдаются нарушения логической последовательности в изложении программного материала.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы, необходимые практические компетенции не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному.

## Рекомендуемая литература:

### Основная литература:

1. Мазалов Л.Н. Рентгеновские спектры. Новосибирск.:ИНХ СО РАН, 2003, 329 с
2. Дробышев А.И. Основы атомного спектрального анализа СПб.: Изд-во СПбГУ, 1997.-200 с.
3. Лосев Н.Ф., Смагунова А.Н. Основы рентгеноспектрального флуоресцентного анализа. М.: 1982.
4. Пешкова В.М., Громова М.И. Методы абсорбционной спектроскопии в аналитической химии. М.: Высшая школа, 1976.
5. Хавезов И., Цалев Д. Атомно-абсорбционный анализ. Л.: Химия, 1983.
6. Томпсон М., Уолш Д.Н. Руководство по спектрометрическому анализу с индукционно связанной плазмой. М.: Недра, 1988

### Дополнительная литература:

1. Вилков Л.В., Пентин Ю.А. Физические методы исследования в химии. Резонансные и электрооптические методы. М.: Высш. шк., 1989. 288 с. 14.
2. Кузьменко Н.Е. Гл. 11. Спектроскопические методы // Основы аналитической химии. Кн. 2. Методы химического анализа. М.: Высш. шк., 1996. С. 199–352; 2-е изд., 1999.
3. Кузяков Ю.Я., Семенов К.А., Зоров Н.Б. Методы спектрального анализа. М.: Изд-во МГУ, 1990.
4. Булатов М.И., Калинин И.П. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа. Л.: Химия, 1986.

### Интернет-ресурсы:

1. <http://ru.wikipedia.org> - электронная энциклопедия.
2. <http://www.koob.ru> - электронная библиотека.
3. <http://www.iqlib.ru> - Электронно-библиотечная система.
4. <http://studentam.net> - электронная библиотека учебников.
5. [www.dissercat.ru](http://www.dissercat.ru) - электронная библиотека диссертационных работ.

### Программное обеспечение:

Специализированное программное обеспечение не требуется