

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Курганский государственный университет»  
(КГУ)

Кафедра «Физическая и прикладная химия»



УТВЕРЖДАЮ:  
Первый проректор  
С.Н. Щербич /  
19 сентября 2019 г.

Рабочая программа учебной дисциплины  
**ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

образовательной программы высшего образования –  
программы специалитета  
**04.05.01 – Фундаментальная и прикладная химия**

Направленность:  
«Аналитическая химия»

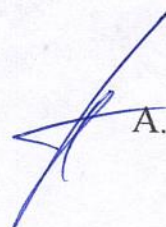
Формы обучения: очная

Курган 2019

Рабочая программа дисциплины «Физические методы исследования» составлена в соответствии с учебным планом по программе специалитета Фундаментальная и прикладная химия (Аналитическая химия), утвержденным 29 августа 2019 года;

Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании кафедры «Физическая и прикладная химия» 18 сентября 2019 года, протокол № 1.

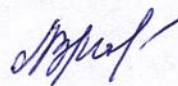
Рабочую программу составил  
Директор ИЕНиМ



А.В. Шаров


Согласовано:

Заведующий кафедрой ФиПХ




Л.В. Мостальгина

Специалист по учебно-методической работе  
учебно-методического отдела



Г.В. Казанкова

Начальник управления  
образовательной деятельности



С.Н. Синецын

**1. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ**  
Всего: 4 зачетных единицы трудоемкости (144 академических часа)

**Очная форма обучения**

Вид учебной работы	На всю дисциплину	Семестр
		6
<b>Аудиторные занятия (контактная работа с преподавателем), всего часов</b>	66	66
<b>в том числе:</b>		
Лекции	16	16
Лабораторные работы	50	50
<b>Самостоятельная работа, всего часов</b>	78	78
<b>в том числе:</b>		
Подготовка к экзамену	27	27
Другие виды самостоятельной работы (самостоятельное изучение тем (разделов) дисциплины)	51	51
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	Экзамен	Экзамен
<b>Общая трудоемкость дисциплины и трудоемкость по семестрам, часов</b>	144	144

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Физические методы исследования» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1. Дисциплина проводится в 6 семестре. Изучение дисциплины базируется на результатах обучения, сформированных при изучении следующих дисциплин:

- Математика;
- Физика;
- Информатика;
- Неорганическая химия;
- Физическая химия;
- Аналитическая химия;
- Органическая химия;

Требования к входным знаниям, умениям, навыкам и компетенциям:

- владение навыками разговорно-бытовой речи;
- понимание устной (монологической и диалогической) речи на бытовые и общекультурные темы;
- владение наиболее употребительной грамматикой и основными грамматическими явлениями, характерными для устной и письменной речи повседневного общения;
- знание базовой лексики, представляющей стиль повседневного и общекультурного общения;
- освоение следующих компетенций на уровне не ниже порогового: УК-1 (Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий), ОПК-1 (Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности), ОПК-2 (Способен проводить химический эксперимент с использованием современного оборудования, соблюдая нормы техники безопасности); ОПК-3 (Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием, используя современное программное обеспечение и базы данных профессионального назначения), ОПК-4 (Способен планировать работы химической направленности, обрабатывать и интерпретировать полученные результаты с использованием теоретических знаний и практических навыков решения математических и физических задач), ОПК-5 (Способен использовать информационные базы данных и адаптировать существующие программные продукты для решения задач профессиональной деятельности с учетом основных требований информационной безопасности).

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Целью изучения дисциплины «Физические методы исследования» является изучение и углубление теоретических основ, методологии и основ практического использования инструментальных методов исследования.

- Задачами освоения дисциплины «Физические методы исследования» являются
- раскрытие основных физических законов и закономерностей, на которых основано действие физических методов исследования;
  - ознакомление студента со схемами и этапами проведения исследования с применением приборных методов;
  - обучение студента навыкам владения приборным и методическим обеспечением различных физических методов;

- обучение студента видению применения физических методов при исследовании веществ и процессов

Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:

- Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках (ПК-1);
- Способен определять способы, методы и средства решения технологических задач (ПК-3);
- Способен использовать аналитические методы исследования в анализе различных объектов (ПК-5);
- Способен организовывать и проводить различные мероприятия в профессиональной сфере деятельности (ПК-7)

В результате изучения дисциплины «Физические методы исследования» обучающийся должен:

- Знать принципиальные основы возможностей и ограничений применения важнейших для химиков физических методов исследования (ультрафиолетовая, инфракрасная и комбинационного рассеяния спектроскопии, ядерный магнитный резонанс, электронный парамагнитный резонанс, масс-спектрометрия, дифрактометрия и определение дипольных моментов) (для ПК-1);
- Знать устройство и принципы работы приборов для инструментальных методов исследования (для ПК-1);
- Уметь самостоятельно ставить задачу исследования с применением физических методов, выбирать оптимальные пути и методы решения задач;
- Уметь правильно интерпретировать результаты исследования вещества или процесса, сопоставлять их с результатами, полученными другими методами;
- Уметь работать с учебной, научной, справочной литературой, базами данных (для ПК-3, ПК-5, ПК-7);
- Владеть навыками и приемами работы с приборами и методиками;
- Владеть навыками обработки первичных результатов эксперимента;
- Владеть навыками работы с ПК, необходимыми для обработки и представления результатов эксперимента (для ПК-1, ПК-3, ПК-5, ПК-7).

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Учебно-тематический план

6 семестр

Рубеж	Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Количество часов контактной работы с преподавателем	
			Лекции	Лабораторные работы
Рубеж 1	P1	Общая характеристика физических методов исследования	1	0
	P2	Спектроскопические методы исследования	6	22
Рубеж 2	P3	Методы масс-спектрометрии	2	6
	P4	Резонансные методы исследования	2	4
	P5	Дифракционные методы	2	—
	P6	Методы определения дипольных моментов	2	4
	P7	Другие методы	1	14
<b>Всего:</b>			16	50

### 4.2. Содержание лекционных занятий

#### *Тема 1. Общая характеристика физических методов исследования*

Классификация физических методов исследования. Характеристическое время метода. Прямая и обратная задачи методов, корректно и некорректно поставленные задачи. Источники и виды ошибок.

#### *Тема 2. Спектроскопические методы исследования*

Электромагнитное излучение, его характеристики. Спектр. Методы атомной спектроскопии. УФ-спектроскопия. Инфракрасная спектроскопия. Спектроскопия комбинационного рассеяния. Рентгенофлуоресцентная спектроскопия. Микроволновая спектроскопия.

#### *Тема 3. Методы масс-спектрометрии*

Физические основы методов масс-спектрометрии. Ионизация атомов и молекул. Аппаратурное оформление методов масс-спектрометрии.

#### *Тема 4. Резонансные методы исследования.*

Ядерный магнитный резонанс. Электронный парамагнитный резонанс.

#### *Тема 5. Дифракционные методы*

Рентгеновская дифрактометрия. Метод газовой электронографии.

#### *Тема 6. Методы определения дипольных моментов*

Первый и второй методы Дебая. Метод отклонения молекулярного пучка в неоднородном электрическом поле. Резонансные методы. Спектроскопические методы.

#### *Тема 7. Другие методы*

Методы термического анализа. Методы электронной микроскопии.

### 4.3. Лабораторные занятия

Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Наименование лабораторной работы	Норматив времени, час.
2	Спектроскопические методы исследования	Получение и анализ УВИ-спектров молекул кислотно-основных индикаторов	4
		Определение тяжелых металлов в природных водах методом атомной спектроскопии	4
		Элементный анализ металлов в смесях методом атомно-эмиссионной спектроскопии	4
		Получение и расшифровка инфракрасных спектров	4
		Исследование координации ионов тяжелых металлов молекулами растворителя	4
3	Методы масс-спектрометрии	Рубежный контроль 1	2
		Работа с базами данных масс-спектров	2
4	Резонансные методы исследования	Расшифровка масс-спектров	4
6		Определение строения органических соединений методом ядерного магнитного резонанса	4
6	Методы определения дипольных моментов	Определение дипольных моментов органических соединений вторым методом Дебая	4
7	Другие методы	Синхронный термический анализ неорганических кристаллогидратов	4
		Исследование пористости методом сорбции-десорбции азота	4
		Исследование растворов методом рефрактометрии	4
		Рубежный контроль 2	2
<b>Итого:</b>			50

## 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Физические методы исследования» преподается в течение 6 семестра в виде лекционных и лабораторных занятий. Лекционные занятия посвящаются освещению теоретических основ методов, изучению устройства и принципов работы приборов, а так же основным принципам расшифровки первичной экспериментальной информации. На лабораторных занятиях студенты обучаются работе на основных приборах, обработке первичных экспериментальных данных, расшифровке и описанию полученных спектров и зависимостей.

В преподавании дисциплины используются образовательные технологии: метод проблемного изложения материала; самостоятельное ознакомление студентов с информацией, использование иллюстративных материалов (фотографии, компьютерные презентации), демонстрируемых на современном оборудовании. Неотъемлемой частью учебного процесса является экспериментальная работа студента на современных приборных комплексах.

При прослушивании лекций рекомендуется отмечать в конспекте все важные моменты, на которых заостряет внимание преподаватель, в частности: выводы уравнений и формулировки законов, главные численные данные, моменты, направленные на качественную подготовку лабораторных занятий.

Залогом качественного выполнения лабораторных работ является самостоятельная подготовка к ним накануне путем повторения материалов лекций и оформления в тетради соответствующей заготовки. Рекомендуется подготовить вопросы по неясным моментам и обсудить их с преподавателем в начале лабораторной работы во время допуска к эксперименту. Обязательным является оформление лабораторной работы заранее перед занятием с использованием выданных преподавателем методических рекомендаций. В оформлении лабораторной работы должна быть сформулирована цель работы, должны присутствовать разделы «Краткая теория», «Последовательность выполнения работы», «основные результаты», «Вывод». По окончании работы отчет по ней предоставляется на подпись преподавателю, после чего она должна быть защищена. Для защиты лабораторной работы преподавателем заранее выдается список вопросов для подготовки.

Для текущего контроля успеваемости преподавателем используется балльно-рейтинговая система контроля и оценки академической активности. Поэтому настоятельно рекомендуется тщательно прорабатывать материал дисциплины при самостоятельной работе, участвовать во всех формах обсуждения и взаимодействия, как на лекциях, так и на лабораторных занятиях в целях лучшего освоения материала и получения высокой оценки по результатам освоения дисциплины.

Выполнение самостоятельной работы подразумевает самостоятельное изучение разделов дисциплины, подготовку к лабораторным занятиям, к рубежным контролям, подготовку к экзамену.

Рекомендуемая трудоемкость самостоятельной работы представлена в таблице:

**Рекомендуемый режим самостоятельной работы**

Наименование вида самостоятельной работы	Рекомендуемая трудоемкость, акад. час.
<b>Самостоятельное изучение тем дисциплины</b>	<b>35</b>
Спектроскопические методы исследования	6
Методы масс-спектрометрии	6
Резонансные методы исследования	6
Дифракционные методы	6
Методы определения дипольных моментов	6
Другие методы	5



<b>Подготовка к лабораторным занятиям</b> (по 1 часу на каждое занятие)	<b>12</b>
<b>Подготовка к рубежным контролям</b> (по 2 часа на каждый рубеж)	<b>4</b>
<b>Подготовка к экзамену</b>	<b>27</b>
<b>Всего:</b>	<b>78</b>

## 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 6.1. Перечень оценочных средств

1. Балльно-рейтинговая система контроля и оценки академической активности студентов в КГУ.
2. Перечень вопросов для подготовки и защиты лабораторных работ.
3. Перечень заданий к рубежным контролям № 1, № 2.
4. Перечень вопросов к экзамену

### 6.2. Система балльно-рейтинговой оценки работы студентов по дисциплине

№	Наименование	Содержание					
		Распределение баллов за 6 семестр					
		Вид УР:	Посещение лекций	Выполнение и защита отчетов по лабораторным работам	РК №1	РК №2	Экзамен
1	Распределение баллов за семестры по видам учебной работы, сроки сдачи учебной работы	Оценка:	1	5	8	9	30
	Примечания:		За прослушанную лекцию. Всего: 8	Лабораторные работы: «Работа с базами данных масс-спектров», «Расшифровка масс-спектров» - по 2,5 балла, остальные работы – 4 балла за работу. Итого – 45 баллов.	На 6-м лабораторном занятии	На 14-м лабораторном занятии	
2	Критерий пересчета баллов в традиционную оценку по итогам работы в семестре и экзамена	60 и менее баллов – неудовлетворительно ; 61... 73 – удовлетворительно; 74... 90 – хорошо; 91... 100 – отлично					
3	Критерии допуска к промежуточной аттестации, возможности получения автоматического зачета (экзаменационной оценки) по дисциплине, возможность получения бонусных баллов	<p>Для допуска к промежуточной аттестации (экзамену) студент должен набрать по итогам текущего и рубежного контроля не менее 50 баллов и должен выполнить все лабораторные работы.</p> <p>Для получения экзаменационной оценки «автоматически» студенту необходимо набрать за семестр следующее минимальное количество баллов:</p> <p style="padding-left: 40px;">- 68 для получения «автоматически» оценки «удовлетворительно»</p> <p>По согласованию с преподавателем студенту, набравшему минимум 68 баллов, могут быть добавлены дополнительные (бонусные) баллы за активное участие в научной и методической работе, оригинальность принятых решений в ходе выполнения лабораторных работ, за участие в значимых учебных и внеучебных</p>					

		мероприятиях кафедры и выставлена за экзамен «автоматически» оценка «хорошо» или «отлично».
4	Формы и виды учебной работы для неуспевающих (восстановившихся на курсе обучения) студентов для получения недостающих баллов в конце семестра	<p>В случае если к промежуточной аттестации набрана сумма менее 50 баллов, студенту необходимо набрать недостающее количество баллов за счет выполнения дополнительных заданий, до конца последней (зачетной) недели семестра. При этом необходимо проработать материал всех пропущенных лабораторных работ.</p> <p>Формы дополнительных заданий (назначаются преподавателем):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выполнение и защита пропущенных лабораторных работ (при невозможности дополнительного проведения лабораторной работы преподаватель устанавливает форму дополнительного задания по тематике пропущенной лабораторной работы самостоятельно) – до 4-х баллов;</li> <li>- прохождение рубежного контроля (баллы в зависимости от рубежа).</li> </ul> <p>Ликвидация академических задолженностей, возникших из-за разности в учебных планах при переводе или восстановлении, проводится путем выполнения дополнительных заданий, форма и объем которых определяется преподавателем.</p>

### 6.3. Процедура оценивания результатов освоения дисциплины

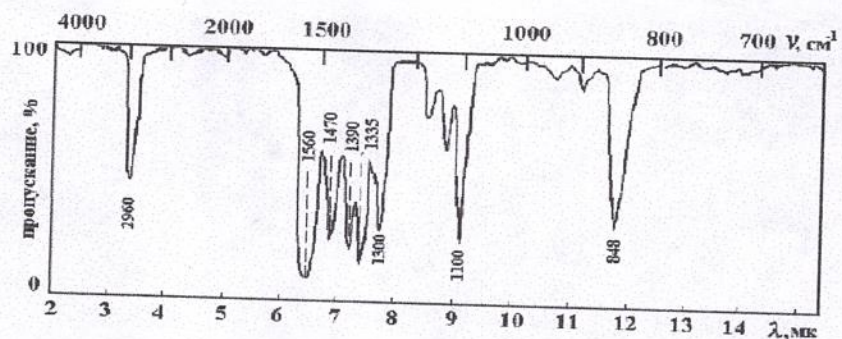
Рубежные контроли проводятся в форме коллоквиума, включающего устное собеседование и решение задач. Задание на РК включает в себя 4-5 задач в каждом варианте. На каждый рубежный контроль отводится до 2 часов. Преподаватель оценивает в баллах результаты каждого рубежного контроля и заносит их в ведомость текущей успеваемости. Перед проведением каждого рубежного контроля преподаватель прорабатывает со студентами основной материал соответствующих разделов дисциплины в форме краткой лекции-дискуссии.

Экзамен проводится в форме устного собеседования и решения задач. Вопросы и задача содержатся в экзаменационном билете. Экзаменационный билет включает 2 теоретических вопроса, вопрос по устройству прибора и задачу. На подготовку к ответу студенту дается минимум 45 минут. Результаты текущего контроля успеваемости (работа на лекциях, выполнение РК, выполнение и защита лабораторных работ) и экзамена заносятся преподавателем в экзаменационную ведомость, которая сдается в организационный отдел института день экзамена, а также выставляются в зачетную книжку студента.

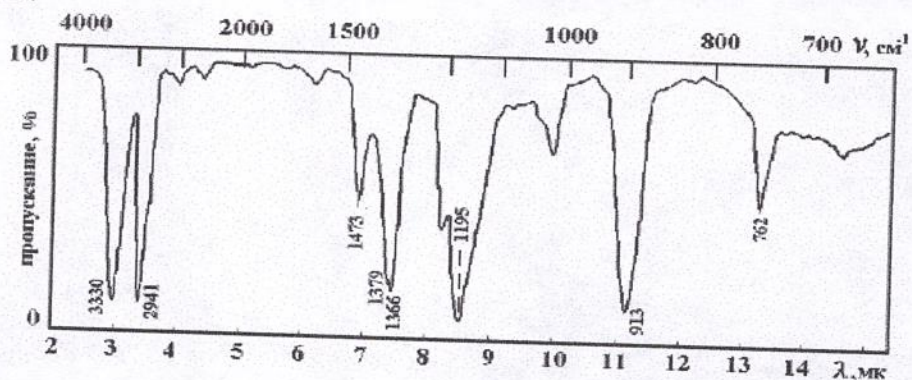
### 6.4. Примеры оценочных средств для проведения рубежных контролей и экзамена

#### Пример перечня заданий к рубежному контролю № 1

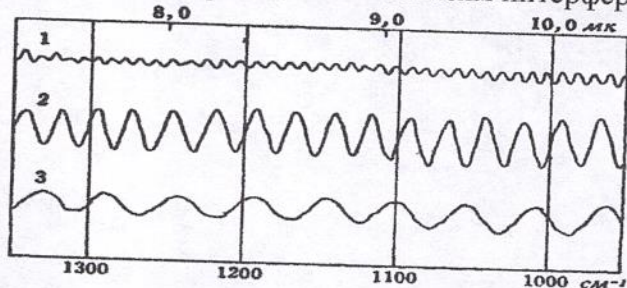
1. Природа и характеристики электромагнитного излучения. Электромагнитный спектр, виды спектров
2. Какие кислород и азотсодержащие группы входят в состав соединения  $C_3H_7O_2N$ , спектр жидкой пленки которого представлен на рисунке



2. По ИК спектру жидкой пленки  $C_4H_{10}O$  выскажите предположение о структуре соединения.

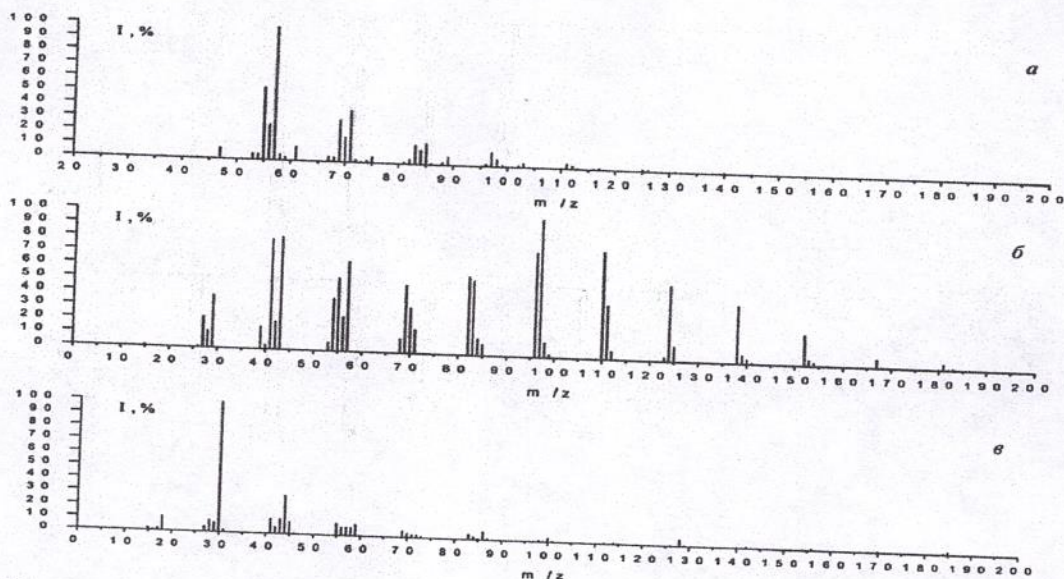


4. Рассчитайте толщину трех кювет по приведенным записям интерференционных полос

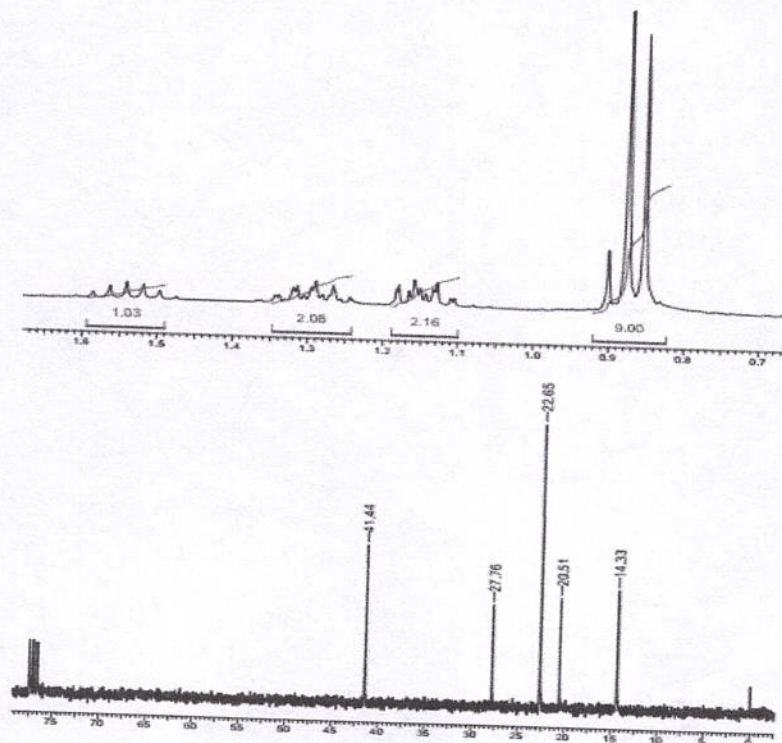


### Пример перечня заданий к рубежному контролю № 2

1. Устройство классического спектрометра ЯМР.
2. Определите интенсивность пика  $M+8$  по отношению к  $M$  в спектре соединения, содержащего 5 атомов хлора, 6 атомов брома, 5 атомов серы
3. Определите элементный состав молекулярных ионов по интенсивности изотопных пиков:
  - а)  $M$  (100%),  $M+1$  (7,7%),  $M+2$  (0,4%)
  - б) 79 (100), 80 (5,9), 81 (0,1)
  - в) 208 (80), 209 (12,4), 201 (1,2)
4. Определите принадлежность соединения к определенному классу органических соединений по масс-спектрам



5. Ниже приведены ЯМР-спектры изомерного углеводорода. Какова его структура?



### Список вопросов к экзамену

1. Классификация физических методов исследования
2. Прямая и обратная задача физических методов
3. Характеристическое время метода
4. Теоретические основы методов масс-спектрометрии
5. Ионизация атомов и двухатомных молекул. Кривые Морзе. Ионизация многоатомных молекул. Методы ионизации
6. Характеристики масс-спектрометров. Устройство магнитного масс-спектрометра
7. Статические масс-спектрометры.
8. Динамические масс-спектрометры
9. Термодинамические масс-спектральные исследования
10. Расшифровка масс-спектров: работа с пиками молекулярных ионов.

11. Расшифровка масс-спектров: определение класса соединения и его строения по пикам осколочных ионов.
12. Природа и характеристики электромагнитного излучения. Электромагнитный спектр, виды спектров
13. Методы атомно-эмиссионной спектроскопии: теоретические основы, устройство АЭС, аналитическое применение методов.
14. Методы атомно-абсорбционной спектроскопии: теоретические основы, устройство ААС, аналитическое применение методов.
15. Колебательная спектроскопия, квантово-механическое и классическое описание колебательных переходов в молекуле.
16. Устройство сканирующего ИК-спектрометра
17. Устройство инфракрасного Фурье-спектрометра
18. Методы подготовки образцов для ИК-спектроскопии. НПВО, МНПВО.
19. Краткая характеристика методов спектроскопии комбинационного рассеяния.
20. Устройство и работа КР-спектрометра.
21. Определение строения молекул с помощью ИК- и КР-спектров.
22. Количественный анализ с применением методов ИК-спектроскопии.
23. Ультрафиолетовая спектроскопия: основы метода, виды переходов, характеристика УФ-спектра, применение метода.
24. Устройство и работа спектрофотометра.
25. Краткая характеристика метода рентгенофлуоресцентной спектроскопии. Устройство спектрометра РФС.
26. Теоретические основы методов ядерного магнитного резонанса.
27. Устройство классического спектрометра ЯМР.
28. Устройство Фурье-спектрометра ЯМР.
29. Определение строения вещества и молекулы с применением методов ПМР.
30. Краткая характеристика методов электронного парамагнитного резонанса. Устройство и работа спектрометра ЭПР.
31. Дипольный момент. Дипольные моменты двухатомных и многоатомных молекул.
32. Первый метод Дебая для определения дипольных моментов.
33. Второй метод Дебая для определения дипольных моментов.
34. Определение дипольных моментов методом отклонения молекулярного пучка в неоднородном электрическом поле.
35. Геометрическое строение молекул. Рассеяние электронов молекулами. Основы методов газовой электронографии.
36. Устройство и работа газового электронографа. Стандартные образцы в электронографии.
37. Расшифровка электронограмм.
38. Теоретические основы методов микроволновой спектроскопии.
39. Устройство и работа радиоспектроскопа.
40. Определение геометрического строения трехатомной плоской молекулы.
41. Рассеяние рентгеновских лучей на кристаллической решетке.
42. Устройство и работа рентгеновских дифрактометров.
43. Расшифровка рентгенограмм.
44. Поведение полярных частиц в электрическом поле.
45. Взаимодействие поляризованного света с молекулами в электрическом поле.
46. Аппаратурное оформление электрооптических методов
47. Применение электрооптических методов.
48. Взаимодействие вещества с магнитным полем. Магнитная восприимчивость.
49. Методы определения магнитной восприимчивости.
50. Применение магнетохимических методов в химии.

51. Методы термического анализа: термогравиметрия и дифференциальная термогравиметрия.
52. Методы термического анализа: дифференциальный термический анализ. Синхронный термический анализ.
53. Устройство и работа синхронных термических анализаторов
54. Общая характеристика методов элементного анализа.
55. Синхронное определение общего углерода, азота, серы.

#### **6.5. Фонд оценочных средств**

Полный банк заданий для текущего, рубежных контролей и промежуточной аттестации по дисциплине, показатели, критерии, шкалы оценивания компетенций, методические материалы, определяющие процедуры оценивания образовательных результатов, приведены в учебно-методическом комплексе дисциплины.

### **7. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

#### **7.1. Основная учебная литература**

1. Физические методы исследования неорганических веществ / Под ред. А.Б. Никольского. М.: Издательский центр «Академия», 2006. 448 с.

#### **7.2. Дополнительная учебная литература**

1. Вилков Л. В., Пентин Ю. А. Физические методы исследования в химии. М.: Мир, ООО «Издательство АСТ», 2003. 683 с.

#### **7.3 Методическая литература**

1. Иванова Т. А. Справочные таблицы по физико-химическим величинам для студентов специальности «Химия». Ид-во КГУ, 2001
2. Шаров А. В. Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Физические методы исследования», Курган, 2017, <http://dspace.kgsu.ru/xmlui/handle/123456789/3298>

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

При чтении лекционного курса используется компьютерный класс, мультимедийное оборудование (переносной персональный компьютер, мультимедийный проектор, мультимедийный экран).

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используется литература, согласно списку в разделе 7. Для подготовки к выполнению и защите лабораторных работ, выполнению контрольной работы используются соответствующие методические пособия.

Для выполнения лабораторных работ используется химическое учебное и научное оборудование, размещенное в специализированной лаборатории.

Ресурсы сети Интернет, необходимые для освоения дисциплины.

Официальный сайт химического факультета МГУ: <http://www.chem.msu.ru>.

Научная электронная библиотека ELIBRARY: <http://elibrary.ru>.



Аннотация к рабочей программе дисциплины  
**«Физические методы исследования»**

образовательной программы высшего образования –  
программы специалитета  
04.05.01 – «Фундаментальная и прикладная химия»,  
специализация «Аналитическая химия»

Трудоемкость дисциплины: 4 ЗЕ (144 академических часа)

Семестр: 6

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Содержание дисциплины

Общая характеристика физических методов исследования.  
Спектроскопические методы исследования. Методы масс-спектрометрии.  
Резонансные методы исследования. Дифракционные методы. Методы  
определения дипольных моментов. Другие методы.