

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Гаскаев Сергей Валерьевич  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 15.09.2025 10:37:40  
Уникальный программный ключ:  
04c19ed8b0981566c677a486b9a6788b8322319



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)

Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)  
«Физические методы исследования в химии»,  
по направлению подготовки (специальности) 04.03.01 "Химия",  
направленности (профилю) Аналитическая химия и химическая экспертиза ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

стр. 1

**Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации  
по дисциплине (модулю)**

**Физические методы исследования в химии**

**Направление подготовки (специальность)  
04.03.01 – Химия**

**Направленность (профиль)  
Аналитическая химия и химическая экспертиза**

**Присваиваемая квалификация (степень)  
Бакалавр**

**Форма обучения  
Очная**

**Год(ы) набора 2025**

**Челябинск 2025 г.**



## Содержание

1. Паспорт фонда оценочных средств
2. Перечень формируемых компетенций
  - 2.1. Компетенции, закреплённые за дисциплиной
3. Содержание оценочных средств по дисциплине
  - 3.1. Виды оценочных средств
  - 3.2. Содержание оценочных средств
4. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации
  - 4.1. Порядок проведения промежуточной аттестации
  - 4.2. Критерии оценивания промежуточной аттестации по видам оценочных средств
  - 4.3. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций



## 1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Направление подготовки: 04.03.01 «Химия»

Направленность (профиль) Аналитическая химия и химическая экспертиза

Дисциплина: Физические методы исследования в химии

Семестр (семестры) изучения: 8

Форма (формы) промежуточной аттестации: 8 семестр – зачет, экзамен.

## 2. ПЕРЕЧЕНЬ ФОРМИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

### 2.1. Компетенции, закреплённые за дисциплиной

Изучение дисциплины «Физические методы исследования в химии» направлено на формирование следующих компетенций:

Коды компетенции согласно ФГОС (ОПОП ВО)	Содержание компетенций согласно ФГОС (ОПОП ВО)	Индикаторы достижения компетенции согласно ОПОП	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3	4
ОПК-3:	Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники	ОПК–3-1. Знает базовые основы химического и математического моделирования.	<b>Знать:</b> базовые основы химического и математического моделирования <b>Уметь:</b> использовать расчетно-теоретические и компьютерные программы для решения профессиональных задач <b>Владеть</b> практическим опытом применения расчетно-теоретических и компьютерных программ в конкретных областях профессиональной деятельности



### 3. СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

#### 3.1 Виды оценочных средств

№ п/п	Код компетенции/ планируемые результаты обучения	Контролируемые темы/ разделы	Наименование оценочного средства для текущего контроля	Наименование оценочного средства на промежуточной аттестации/№ задания
1	ОПК-3	Введение. Общая характеристика и классификация методов	Вопросы по темам дисциплины	Вопросы по темам дисциплины
2	ОПК-3	Виды движения. Энергетические состояния и переходы между ними в изолированной молекуле. Методы молекулярной спектроскопии	Вопросы по темам дисциплины	Вопросы по темам дисциплины
3	ОПК-3	Электронные состояния и электронные переходы в двухатомных и сложных молекулах	Вопросы по темам дисциплины	Вопросы по темам дисциплины
4	ОПК-3	Электронные спектры поглощения молекул в видимой и ультрафиолетовой областях	Вопросы по темам дисциплины	Вопросы по темам дисциплины
5	ОПК-3	Электронные спектры флуоресценции и фосфоресценции	Вопросы по темам дисциплины	Вопросы по темам дисциплины
6	ОПК-3	Спектроскопия колебательных переходов в молекулах	Вопросы по темам дисциплины	Вопросы по темам дисциплины
7	ОПК-3	Методы рентгеноэлектронной, фотоэлектронной и оже-спектроскопии	Вопросы по темам дисциплины	Вопросы по темам дисциплины



8	ОПК-3	Ядерный магнитный резонанс	Вопросы по темам дисциплины	Вопросы по темам дисциплины
9	ОПК-3	Электронный парамагнитный резонанс	Вопросы по темам дисциплины	Вопросы по темам дисциплины
10	ОПК-3	Методы масс-спектрометрии	Вопросы по темам дисциплины	Вопросы по темам дисциплины
11	ОПК-3	Методы определения геометрии молекул	Вопросы по темам дисциплины	Вопросы по темам дисциплины
12	ОПК-3	Ядерный квадрупольный резонанс	Вопросы по темам дисциплины	Вопросы по темам дисциплины
13	ОПК-3	Ядерный гамма-резонанс	Вопросы по темам дисциплины	Вопросы по темам дисциплины
14	ОПК-3	Методы определения электрических дипольных моментов молекул	Вопросы по темам дисциплины	Вопросы по темам дисциплины
15	ОПК-3	Методы изучения поляризуемости молекул. Дисперсия оптического вращения и оптический дихроизм	Вопросы по темам дисциплины	Вопросы по темам дисциплины
16	ОПК-3	Иная контактная работа	Вопросы по темам дисциплины	Вопросы по темам дисциплины



Типовые задания, критерии и показатели оценивания в рамках текущего контроля представлены в рабочей программе по дисциплине. Полные комплекты оценочных средств и контрольно-измерительных материалов хранятся на кафедре.

## 3.2 Содержание оценочных средств

### Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации:

Вопросы для проведения контрольной работы

- 1) Определить элементы симметрии и точечную группу молекулы хлорметана. Сколько нормальных колебаний имеет данная молекула?
- 2) Используя правило Вудворда-Физера, определить положение максимума полосы поглощения для тетраметилциклопентадиена.
- 3) Определить элементы симметрии и точечную группу молекулы этилена. Сколько нормальных колебаний имеет молекула?
- 4) Какими основными свойствами характеризуется электронное состояние молекулы? Пояснить физический смысл этих параметров.
- 5) Что такое «характеристическое время метода»? Оценить значение этого параметра для метода оптической спектроскопии поглощения, если частота поглощаемого молекулой кванта электромагнитного излучения составляет 1 ПГц.
- 6) Определить число колебательных степеней свободы для молекул ацетилен, этилена, этана, ацетона и бензола.
- 7) Перечислить и охарактеризовать первичные фотофизические процессы в молекуле. В чем отличие явлений флуоресценции и фосфоресценции?
- 8) Определить элементы симметрии и точечную группу молекулы пропина. Сколько нормальных колебаний имеет эта молекула?
- 9) Как влияет сопряжение кратных связей на электронный спектр поглощения молекулы? Привести примеры этого влияния

### Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации

Список вопросов для проведения экзамена.

1. Общая характеристика физических методов исследования. Прямая и обратная задачи методов.
2. Характеристическое время физических методов и его роль при исследовании быстро протекающих процессов.
3. Перечислить основные виды внутреннего движения молекулы и качественно охарактеризовать соотношение их энергий.
4. Что такое электронное состояние молекулы и какими основными параметрами оно характеризуется.
5. Классификация электронных состояний двухатомных и многоатомных линейных молекул.
6. Классификация электронных переходов в сложных молекулах (по Малликену и Каша) на примере карбонильных соединений. Схема электронных переходов в карбонильной группе.
7. По каким признакам можно идентифицировать полосы поглощения, обусловленные  $\pi$ - $\pi^*$  и  $n$ - $\pi^*$  электронными переходами?
8. Перечислить основные правила отбора электронных переходов молекул. Какими факторами определяются интенсивности полос поглощения электронных спектров молекул?
9. Сформулировать правило отбора электронных переходов по спину. Какие факторы могут нарушать спиновый запрет?



10. Как влияет сопряжение хромофорных групп на их электронный спектр поглощения? Как отражается на интенсивности полос поглощения переходов  $\pi$ - $\pi^*$  изменение конформации системы сопряженных связей (S-цис и S-транс изомерия, плоская и неплоская конфигурация)?
11. Как отражается образование внутримолекулярных и межмолекулярных водородных связей на положение полос  $\pi$ - $\pi^*$  и  $n$ - $\pi^*$  переходов?
12. Как формулируется принцип Франка-Кондона для электронных переходов молекул?
13. Общая характеристика электронных переходов с переносом заряда.
14. Охарактеризовать основные элементы конструкции спектрофотометра для регистрации спектров поглощения в 15. По диаграмме Яблонского перечислить и охарактеризовать основные фотофизические процессы, происходящие при поглощении молекулой кванта излучения.
16. При регистрации спектров поглощения или люминесценции в растворах часто наблюдается "размытие" и исчезновение тонкой структуры полос. В каком из растворителей ( $\text{CCl}_4$  или  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ) это наиболее вероятно?
17. Что такое фосфоресценция и флуоресценция и каковы принципиальные различия между этими процессами?
18. Что такое интеркомбинационная конверсия и почему она возможна? Что такое энергетический и квантовый выход люминесценции?
19. Как можно объяснить правило зеркальной симметрии полос поглощения и люминесценции? Почему оно является приближенным?
20. Сформулируйте закон поглощения Ламберта-Бугера-Бера и объясните смысл параметров соответствующего уравнения.
21. Квантовомеханическое описание колебательных состояний молекул. Энергия колебательных уровней двухатомных и сложных молекул.
22. Схема классического решения прямой колебательной задачи.
23. Классификация колебательных уровней и переходов между ними в сложных молекулах на примере молекулы воды.
24. Что такое "основные" колебательные переходы, "обертоны", "составные" и "горячие" переходы в колебательных спектрах? Соотношение интенсивностей соответствующих полос поглощения.
25. Схема, объясняющая эффект комбинационного рассеяния. Какие факторы определяют вероятности переходов в ИК - спектрах поглощения и спектрах комбинационного рассеяния?
26. Дать определение нормальным колебаниям и нормальным колебательным координатам. Что такое естественные координаты и как они связаны с нормальными координатами?
27. Степени свободы молекулы. Число степеней свободы для молекул ацетилена, ацетоны, бензола, этана. Какие естественные координаты можно ввести для молекул  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ ?
28. Приближение гармонического осциллятора. Энергия гармонического осциллятора для двухатомных молекул. Как определяется частота нормальных колебаний в приближении гармонического осциллятора и от каких параметров она зависит?
29. Какие существуют элементы и операции симметрии? Что такое точечная группа симметрии? Типы симметрии нормальных колебаний.
30. Концепция групповых или характеристических колебаний. Для каких целей используется эта концепция?
31. Как пользоваться таблицами характеров представлений точечных групп? Пояснить на примере молекулы  $\text{SO}_2$ .



32. Блок-схема ИК - спектрофотометра. Основные способы получения и подготовки, образцов для регистрации ИК- спектров.
33. Вращательные переходы в микроволновой спектроскопии двухатомных и многоатомных линейных молекул. Правила отбора. Определение геометрических параметров молекул.
34. Вращательные переходы в микроволновой спектроскопии молекул типа симметричного волчка.
35. Вращательные переходы в микроволновой спектроскопии молекул типа асимметричного волчка.
36. Магнитные моменты атомных ядер. Энергия ядерных состояний во внешнем магнитном поле. Эффект Зеемана. Физический смысл явления ядерного магнитного резонанса.
37. Что такое спин-решеточная и спин-спиновая релаксация? Условия реализации ядерного магнитного резонанса.
38. Экранирование ядер электронами. Константы экранирования. Химический сдвиг сигналов ЯМР. Относительные химические сдвиги. Шкалы химических сдвигов.
39. Условия возникновения явления ЯМР. Схема ЯМР-спектрометра. Применение метода ЯМР в химии.
40. Спин-спиновое взаимодействие и мультиплетность сигнала в спектре ЯМР. Мультипликативные функции состояния системы двух эквивалентных спинов  $A_2 (I=1/2)$ . Схема взаимодействия двух ядер  $X$  и  $Y (I=1/2)$  и расщепление сигнала ЯМР в результате спин-спинового взаимодействия ядер.
41. Спиновые состояния системы трех эквивалентных ядер  $A_3 (I=1/2)$ . Энергия взаимодействия ядер и константы спин-спинового взаимодействия. Схема расщепления сигнала ЯМР при спин-спиновом взаимодействии протонов этильного радикала.
42. Как соотносятся интегральные интенсивности сигналов ЯМР для групп ядер одного и того же изотопа и интегральные интенсивности компонентов мультиплета? Правила определения числа линий в мультиплете.
43. Классификация и информативность констант спин-спинового взаимодействия. Уравнения Карплуса.
44. Условия возникновения электронного парамагнитного резонанса. Энергия взаимодействия магнитного момента электрона с внешним магнитным полем. Эффект Зеемана.
45. Что такое  $g$ -фактор Ланде и как он влияет на положение сигнала ЭПР?
46. Электрон - ядерное взаимодействие и сверхтонкая структура спектров ЭПР. Константа сверхтонкого взаимодействия.
47. Правила отбора для переходов между зеемановскими уровнями в системах с электрон-ядерным сверхтонким взаимодействием. Пояснить на схеме.
48. Основные элементы конструкции ЭПР-спектрометра. Применение ЭПР-спектроскопии в химии.
49. Условия получения спектров ядерного квадрупольного резонанса. Взаимодействие ядер, обладающих квадрупольным моментом, с электрическим полем.
50. Квадрупольные уровни энергии и частоты переходов для ядер со спином  $I=1$  в аксиальном симметричном и асимметричном электрических полях.
51. Схема ЯКР-спектрометра. Применение спектроскопии ЯКР в химии.
52. Физические принципы методов рентгеновской и фотоэлектронной спектроскопии. Оже-спектроскопия. Энергия связи электрона с ядром.
53. Параметры и структура рентгено - фотоэлектронных спектров. Химические сдвиги. Информативность методов.



54. Условия получения рентгеноэлектронных, фотоэлектронных и оже-спектров. Примеры применения методов в химии.
55. Физические принципы методов масс-спектрометрии. Процессы ионизации атомов и молекул. Способы ионизации.
56. Основные типы ионов в масс-спектрометрии.
57. Применение масс-спектрометрии в химии. Принципы конструкции масс-спектрометров.
58. Физические принципы получения спектров ядерного гамма-резонанса. Энергия отдачи ядер и энергия эффекта Доплера.
59. Влияние электрического квадрупольного и магнитного взаимодействий на спектры ядерного гамма-резонанса.
60. Условия, необходимые для реализации эффекта Мессбауэра. Схема устройства спектрометра ЯГР. Особенности эксперимента.
61. Применение ядерного гамма-резонанса в химии.



## **4. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

### **4.1. Порядок проведения промежуточной аттестации**

Критерием успешности освоения учебного материала является экспертная оценка преподавателя, учитывающая регулярность посещения обязательных учебных занятий, знаний теоретического раздела программы по дисциплине, практическим занятиям.

Качество усвоения знаний завершается зачетом.

### **4.2. Критерии оценивания промежуточной аттестации по видам оценочных средств**

#### **4.2.1. Критерии оценивания**

Промежуточная аттестация проводится в виде экзамена.

Экзамен проводится письменно в присутствии преподавателя и предполагает развернутый, полный ответ на два теоретических вопроса. Вопросы составляются с учётом материала, пройденного как на лекционных занятиях, так и на практических занятиях. Время, отводимое на подготовку к ответу 40 минут. Во время экзамена студент в течение отведенного времени готовит письменный ответ на вопросы билета и затем проходит устное собеседование с преподавателем. Преподаватель может задавать дополнительные вопросы, касающиеся темы раздела. Оценочные средства представлены базой контрольных вопросов.

**Отлично:** Обучающийся отлично знает материал, умеет анализировать проблему и аргументировано изложить свою точку зрения, владеет достаточным для высказывания лексическим запасом, грамотно изъясняется на иностранном языке с использованием точных терминов и названий. Обучающийся практически не допускает ошибок.

**Хорошо:** Обучающийся хорошо знает материал, умеет анализировать проблему и аргументировано изложить свою точку зрения, владеет достаточным для высказывания лексическим запасом, грамотно изъясняется на иностранном языке с использованием точных терминов и названий. Обучающийся допускает незначительные ошибки.

**Удовлетворительно:** Обучающийся знаком с материалом, владеет достаточным для высказывания лексическим запасом. Обучающийся допускает фактические и языковые ошибки, не оперирует лексическим запасом по теме.

**Неудовлетворительно:** Обучающийся не знает основных положений вопроса, не ориентируется в основных понятиях, излагает материал с трудом, с грубыми фактическими и языковыми ошибками, либо отказывается от



ответов на вопросы.

Письменный опрос считается успешно сданным при получении студентом при ответе на теоретический вопрос от 3 до 5 баллов.

При подведении итогов учитываются результаты текущей аттестации. Так, для получения зачета за семестр студент должен успешно сдать все письменные опросы в течение семестра.

Результаты промежуточной аттестации в виде экзамена напрямую зависят от того, сколько баллов получит студент

при устном ответе на теоретические вопросы: 5 баллов – «отлично», 4 балла – «хорошо», 3 балла –

«удовлетворительно», 0 – 2 балла – «неудовлетворительно».

#### 4.3 Критерии оценивания зачета

<b>Зачтено</b>	<b>Не зачтено</b>
Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой дисциплины.	Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

#### 4.3. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций

При подведении итогов учитываются результаты текущей аттестации.

Уровни сформированности компетенций определяется следующим образом:

1. Высокий уровень сформированности компетенций соответствует оценке



**ОТЛИЧНО:**

- предполагает формирование компетенций на высоком уровне, готовность к самостоятельной профессиональной деятельности: формируются навыки планирования и проведения химического анализа, навыки систематизации теоретических, расчетных и экспериментальных данных для решения профессиональных задач.
  - студент способен аргументировать собственную точку зрения по решению профессиональных вопросов, критически оценивать информацию, формулировать собственные выводы.
2. Средний уровень соответствует оценке хорошо:
- предполагает формирование компетенций на более высоком уровне: формируется комплексное знание планирования и проведения химического анализа, умение сбора, анализа и обработки данных, необходимых для решения профессиональных задач;
  - студент способен давать развернутые ответы на теоретические вопросы дисциплины на уровне не ниже оценки «удовлетворительно».
3. Базовый уровень соответствует оценке удовлетворительно:

