

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Химический институт им. А.М. Бутлерова



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор  
по образовательной деятельности КФУ  
Проф. Минзарипов Р.Г.

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Программа дисциплины**

Физические методы исследования СЗ.Б.10

Специальность: 020201.65 - Фундаментальная и прикладная химия

Специализация: Химия высокомолекулярных и элементоорганических соединений

Квалификация выпускника:

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Чмутова Г.А.

**Рецензент(ы):**

Антипин И.С.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Антипин И. С.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от "\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Химического института им. А.М. Бутлерова:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от "\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No

Казань  
2013

## **Содержание**

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) профессор, д.н. (профессор) Чмутова Г.А. Кафедра органической химии Химический институт им. А.М. Бутлерова, Galina.Tschmutowa@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины "Физические методы исследования" является подготовка к научно-исследовательской деятельности для решения задач, связанных с идентификацией соединений, изучением их состава, строения и реакционной способности. В результате освоения данной дисциплины должны быть сформированы представления о современных возможностях решения структурных задач разного уровня, умения делать правильный выбор метода(ов) для получения достоверной информации и интерпретировать полученные результаты.

Дисциплина "Физические методы исследования" принадлежит к циклу общенаучных предметов, создающих базу для эффективного, более глубокого изучения специальных курсов, связанных с изучением структуры и реакционной способности тех типов соединений, которыми занимаются представители той или иной кафедры (специализации) или исследовательской лаборатории. Основные задачи изучения дисциплины состоят в получении студентами знаний о принципиальных основах важнейших физических методов, их классификации, достоинствах, специализации, чувствительности, характеристическом времени метода, блок-схемах физических приборов, методах извлечения полезной информации из полученных данных и их интерпретации, целесообразности использования того или иного метода или их совокупности при решении конкретных химических задач.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "С3.Б.10 Профессиональный" основной образовательной программы 020201.65 Фундаментальная и прикладная химия и относится к базовой (общепрофессиональной) части. Осваивается на 4 курсе, 8 семестр.

Дисциплина "Физические методы исследования" принадлежит к профессиональному циклу Б3. Дисциплина "Физические методы исследования" принадлежит к циклу общенаучных предметов, создающих базу для эффективного, более глубокого изучения специальных курсов, связанных с изучением структуры и реакционной способности тех типов соединений, которыми занимаются представители той или иной кафедры (специализации) или исследовательской лаборатории. Полученные знания необходимы студентам при подготовке, выполнении и защите выпускной квалификационной работы и решении научно-исследовательских и производственно-технологических задач в будущей профессиональной деятельности (идентификация соединений, определение степени их чистоты, природы примесей, получение информации о геометрии соединений в разных фазах, характере и интенсивности межмолекулярных взаимодействий, характеристик электрических, магнитных, оптических свойств веществ и т.д.).

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-10 (общекультурные компетенции)	владеет основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, имеет навыки работы с компьютером, как средством управления информацией;

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-8 (общекультурные компетенции)	умеет работать с компьютером на уровне пользователя и способен применять навыки работы с компьютерами как в социальной сфере, так и в области познавательной и профессиональной деятельности;
ПК-12 (профессиональные компетенции)	умеет применять основные законы химии при обсуждении полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных;
ПК-15 (профессиональные компетенции)	владеет методами регистрации и обработки результатов химических экспериментов;
ПК-9 (профессиональные компетенции)	понимает принципы работы и умеет работать на современной научной аппаратуре при проведении научных исследований;

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

основы теории и практики использования важнейших физических методов для решения химических проблем;

принципы устройства (блок-схему) любого физического прибора.

2. должен уметь:

правильно выбрать метод или группу методов для решения той или иной химической задачи;

3. должен владеть:

навыками анализа тонкой структуры соединений, динамики внутри- и межмолекулярных превращений на основе данных соответствующих методов.

Использовать свои знания на практике

#### **4. Структура и содержание дисциплины/ модуля**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 8 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### **4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю**

##### **Тематический план дисциплины/модуля**

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Общая характеристика физических и химических методов исследования строения молекул (вещества).	8	1	2	0	0	
2.	Тема 2. Методы масс-спектрометрии.	8	2-4	6	4	0	
3.	Тема 3. Методы магнитного резонанса (ЯМР, ЭПР).	8	5-7	6	4	0	домашнее задание контрольная работа
4.	Тема 4. Методы колебательной спектроскопии (ИК и КРС).	8	8-9	4	4	0	
5.	Тема 5. Методы электронной спектроскопии (спектроскопия в УФ и видимой области, фото- и рентгеноэлектронная спектроскопия).	8	10-11	4	4	0	
6.	Тема 6. Комплексное использование физических методов для изучения структуры и реакционной способности соединений в разных состояниях.	8	12	2	2	0	контрольная работа домашнее задание
	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	экзамен
	Итого			24	18	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

**Тема 1. Общая характеристика физических и химических методов исследования строения молекул (вещества).**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Принципиальная схема изучения физических свойств и через них параметров строения отдельных соединений: теория метода; физический эксперимент (физическое воздействие на вещество каким-то источником энергии, измерение отклика вещества на это воздействие; выдача информации исследователю ? и соответствующие блоки физических приборов); интерпретация полученных результатов в рамках физических законов, гипотез и т.п.; сравнение измеренных характеристик с рассчитанными для различных моделей, роль ЭВМ. Классификация физических методов; по типу воздействия на вещество, типу изучаемых свойств, характеру решаемых структурных задач, техническим возможностям и т.д. Понятие о характеристическом времени метода, чувствительности, разрешающей способности прибора. Специализация и интеграция физических методов, области их применения. Возможности современных физических методов при изучении реакционной способности химических соединений (улавливание и установление строения интермедиатов, контроль равновесий, получение кинетических характеристик химических процессов и т.д.).

## **Тема 2. Методы масс-спектрометрии.**

### ***лекционное занятие (6 часа(ов)):***

Методы масс-спектрометрии как основа установления состава вещества, его точной молекулярной массы, фрагментов строения, потенциалов ионизации и других физических и физико-химических характеристик вещества. Типы масс-спектрометров. Характер экспериментов. Расшифровка масс-спектров.

### ***практическое занятие (4 часа(ов)):***

Решение задач по расшифровке структуры на основании данных метода масс-спектрометрии.

## **Тема 3. Методы магнитного резонанса (ЯМР, ЭПР).**

### ***лекционное занятие (6 часа(ов)):***

Физические основы методов. Магнитные моменты ядер и электронов. Поведение магнитоактивных частиц во внешнем магнитном поле. Зеемановское расщепление уровней, Больцмановское распределение спинов ядер и электронов. Переходы между, уровнями, условия ядерного магнитного и электронного парамагнитного резонанса. Реализация условий ядерного магнитного резонанса. Принципиальная блок-схема ЯМР-спектрометра стационарного типа и импульсного Фурье-спектрометра ЯМР. Техника и методика эксперимента. Общий вид спектра ЯМР и его обзорный анализ. Число сигналов, их форма, положение в спектре, интенсивность. Химический сдвиг, спин-спиновое расщепление, времена продольной и поперечной релаксации. Применение в химии спектроскопии ЯМР  $^1\text{H}$ . Структурный анализ индивидуальных соединений, донорно-акцепторных и  $\text{H}$ -комплексов, хиральных молекул. Количественный анализ смеси. Изучение быстро протекающих процессов (химический обмен ядер, внутреннее вращение). Обнаружение и характеристика структуры интермедиатов в химических реакциях (карбокатионы, ионные пары и т.п.). Определение термодинамических характеристик химических реакций. Применение в структурно-аналитических целях спектроскопии магнитного резонанса на ядрах  $^{13}\text{C}$ ,  $^{31}\text{P}$ ,  $^{19}\text{F}$ ,  $^{77}\text{Se}$  и др. Реализация условий электронного парамагнитного (спинового) резонанса. Техника и экспериментальные методики спектроскопии ЭПР. Форма сигнала. Положение резонансного сигнала и  $g$ -фактор в изотропных и анизотропных системах. Электрон-ядерное взаимодействие и сверхтонкая структура спектра ЭПР. Применение спектроскопии ЭПР в химии: структурные и кинетические исследования. Изучение электронной и пространственной структуры координационных соединений, радикалов и ион-радикалов; характеристика парамагнитных центров в твердых системах и т.п. Изучение возбужденных триплетных состояний, сольватированных электронов и т.д. Обнаружение в реагирующей системе парамагнитных центров, их идентификация, наблюдения за изменением концентраций во времени, методы спиновых меток и спиновых ловушек, матричная изоляция как приемы изучения кинетики и механизмов термических, фотохимических, радиационных, биохимических реакций.

### ***практическое занятие (4 часа(ов)):***

Решение задач по расшифровке структуры на основании данных метода ЯМР- спектроскопии.

## **Тема 4. Методы колебательной спектроскопии (ИК и КРС).**

### ***лекционное занятие (4 часа(ов)):***

Теоретические основы колебательной спектроскопии. Симметрия молекул и нормальных колебаний. Классификация нормальных колебаний. Основные, или фундаментальные полосы, обертоны, нормальных колебаний. Основные, или фундаментальные полосы, обертоны, составные и разностные полосы. Интенсивность колебаний. Форма полосы. Правила отбора. Резонанс Ферми. Эффекты кристалличности. Характеристические частоты. Концепция групповых колебаний, ее достоинства и недостатки. Важнейшие области колебательных спектров (обзорный анализ). Принципы устройства и действия ИК-спектрометров. Фурье-спектроскопия. Характер и подготовка образцов. Применение ИК- и КРС-спектроскопии в химии. Структурно-групповой анализ на основе данных каждого метода (ИК- и КРС-) порознь, выводы из сопоставления ИК- и КР-спектров относительно симметрии и тонких аспектов строения молекул. Идентификация структуры (область "отпечатка пальцев", колебания функциональных групп и отдельных структурных фрагментов, качественный и количественный анализ многокомпонентных смесей, характер и степень координации лигандов в устойчивых комплексах и т.п.). Исследование пространственной структуры молекул (форма, симметрия, геометрическая изомерия, конформационный анализ). Анализ внутримолекулярных электронных взаимодействий (эффект поля, эффекты сопряжения и т.д.), характеристика дипольных моментов и поляризуемостей отдельных связей, фрагментов и т.д. Нахождение силовых полей молекулы, корреляции, силовых постоянных с другими параметрами и свойствами молекул. Использование фундаментальных частот для расчета колебательных вкладов в термодинамические функции. Исследование межмолекулярных взаимодействий (комплексы с водородной связью, комплексы с переносом заряда, сольватационные эффекты, координационный катализ и т.п.). Исследования равновесий. Кинетические исследования.

***практическое занятие (4 часа(ов)):***

Решение задач по расшифровке структуры на основании данных метода ИК- спектроскопии.

**Тема 5. Методы электронной спектроскопии (спектроскопия в УФ и видимой области, фото- и рентгеноэлектронная спектроскопия).**

***лекционное занятие (4 часа(ов)):***

Методы электронной спектроскопии (спектроскопия в УФ и видимой области, фото- и рентгеноэлектронная спектроскопия, рентгеновская флуоресцентная спектроскопия) Электронные состояния молекул, их энергия, волновые функции, мультиплетность, время жизни. Симметрия и номенклатура электронных состояний. Процессы переходов между электронными состояниями (абсорбция и эмиссия в видимой и УФ областях), их классификация, правила отбора и нарушения запретов. Процессы отрыва электрона от молекулы (ионизация, уравнение фотоэффекта); природа спектров: фотоэлектронного, рентгеноэлектронного, рентгеновской флуоресценции. Обзорный анализ электронных спектров. Техника и методики электронной (абсорбционной) спектроскопии. Подготовка образцов. Принципиальная схема фотоэлектронного спектрометра, основные узлы, методика проведения эксперимента. Применение электронных спектров; структурно-спектральные корреляции; качественный и количественный анализ; изучение внутримолекулярных электронных взаимодействий ( $p, p$ -,  $p, p$ -сопряженные системы; координационные соединения и т.п.); анализ пространственной структуры, оценка двугранных углов; исследование межмолекулярных взаимодействий (образование Н-комплексов и КПЗ, сольватационные эффекты и т.п.); изучение кинетики и термодинамики химических процессов (кислотно-основные равновесия, таутомерия и т.п.), обнаружение и характеристика структуры интермедиатов; анализ электронной структуры возбужденных состояний, исследование механизмов фотохимических реакций. Основные приемы анализа фотоэлектронных спектров. Положение полос, их интенсивность, форма. Теорема Купменса как мост между теорией и экспериментом. Понятие о вертикальных и адиабатических потенциалах ионизации. Применение вакуумной УФ- фотоэлектронной спектроскопии в химии: определение энергии и симметрии занятых молекулярных орбиталей; количественная характеристика эффектов внутримолекулярных электронных взаимодействий ( $p, p$  -,  $d, p$ ~,  $n, n$ -,  $pp$ -взаимодействия; сопряжение "через связь" и "через пространство"); влияние особенностей пространственной структуры молекул (плоскостность-неплоскостность, конформационная однородность или неоднородность и т.п.).

***практическое занятие (4 часа(ов)):***

Решение задач по расшифровке структуры на основании данных метода УФ- спектроскопии

### **Тема 6. Комплексное использование физических методов для изучения структуры и реакционной способности соединений в разных состояниях.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Комплексное использование физических методов для изучения структуры и реакционной способности соединений в разных состояниях.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Решение задач с применением комплексного использования физических методов для изучения структуры и реакционной способности соединений в разных агрегатных состояниях.

#### **4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

<b>N</b>	<b>Раздел Дисциплины</b>	<b>Семестр</b>	<b>Неделя семестра</b>	<b>Виды самостоятельной работы студентов</b>	<b>Трудоемкость (в часах)</b>	<b>Формы контроля самостоятельной работы</b>
3.	Тема 3. Методы магнитного резонанса (ЯМР, ЭПР).	8	5-7	подготовка домашнего задания	6	домашнее задание
				подготовка к контрольной работе	12	контрольная работа
6.	Тема 6. Комплексное использование физических методов для изучения структуры и реакционной способности соединений в разных состояниях.	8	12	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
				подготовка к контрольной работе	10	контрольная работа
Итого					30	

#### **5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения**

- компьютерные презентации ряда лекций;
- иллюстративное сопровождение лекций с помощью кодоскопа.

#### **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

**Тема 1. Общая характеристика физических и химических методов исследования строения молекул (вещества).**

**Тема 2. Методы масс-спектрометрии.**

**Тема 3. Методы магнитного резонанса (ЯМР, ЭПР).**

домашнее задание , примерные вопросы:

Дайте краткие пояснения по следующим вопросам: - Какие физические методы дают точную информацию о геометрии молекул в газовой фазе, о структуре кристаллов, поверхностей и т.д. Основные приемы извлечения информации из экспериментальных данных. - Какие физические методы можно использовать для получения информации о пространственной структуре молекул, конформации (-ях), конфигурации и т.д. Основные приемы извлечения информации. Сравнение возможностей разных физических методов по точности, скорости, возможностям варьирования агрегатного состояния вещества и т.д. - Какие физические методы дают информацию об электронной структуре молекул? На каких аспектах электронной структуры они "специализируются"? Может ли среда (растворитель) повлиять на распределение электронной плотности в основном состоянии молекулы, энергию электронных переходов в возбужденные состояния и почему? Раскройте содержание следующих понятий: - характеристическое время метода - блок-схема физического прибора - разрешающая способность прибора - диспергирующее устройство - регистрирующее устройство - ЭВМ в физических методах исследования - источники электромагнитного излучения - источники воздействия на вещество в резонансных методах - источники воздействия на вещество в прямых структурных

контрольная работа, примерные вопросы:

Вопросы к контрольной работе ♦ 1 по "Физическим методам исследования" 1. Масс-спектр пропанола имеет следующий вид:  $m/z$  ? 27(14), 28(11), 29(17), 31(100), 39(6), 41(10), 42(13), 43(4), 45(5), 58(5), 59(15), 60(10). Какому из изомерных спиртов он принадлежит? Объясните пути образования основных фрагментных ионов. Каким Вы представляете себе ЯМР  $^1\text{H}$  спектр этого соединения? Охарактеризуйте наиболее важные особенности его ИК спектра. Будет ли последний зависеть от условий регистрации, температуры, концентрации в растворе, природы растворителя? 2. При окислении углеводорода  $\text{C}_{12}\text{H}_{18}$  (синглет при  $\delta$  2.5 м.д.) концентрированным раствором перманганата калия образуется кислота  $\text{C}_{12}\text{H}_{6}\text{O}_{12}$  (синглет при  $\delta$  13.5 м.д.). Напишите уравнение реакции. Что Вы можете сказать о пике молекулярного иона в масс-спектре исходного соединения? Каковы будут относительные интенсивности пиков  $(M+1)^+$ ,  $(M+2)^+$  ? 3. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  чистого этанола в очень чистом  $\text{CDCl}_3$  содержит триплет протона  $\text{OH}$  ? группы и мультиплет метиленовых протонов. Если к раствору добавить следы  $\text{HCl}$  или  $\text{H}_2\text{O}$ , триплет сливается в единую, относительно широкую линию, а метиленовые сигналы превращаются в квартет. Предложите объяснение таких изменений.

**Тема 4. Методы колебательной спектроскопии (ИК и КРС).**

**Тема 5. Методы электронной спектроскопии (спектроскопия в УФ и видимой области, фото- и рентгеноэлектронная спектроскопия).**

**Тема 6. Комплексное использование физических методов для изучения структуры и реакционной способности соединений в разных состояниях.**

домашнее задание, примерные вопросы:

Решение задач по ЯМР-спектроскопии (Бердников, Е.А., Казымова М.А. Задачи и упражнения по ЯМР-спектроскопии в органической химии, Казань, 2007. стр. 9-26, стр.85-93.)

контрольная работа, примерные вопросы:

Вопросы к контрольной работе ♦ 2 по "Физическим методам исследования" 1. Изобразите структурные формулы соединений А-В формулы  $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_2$ , используя следующие спектральные данные: ИК спектры: для всех соединений полосы 690, 750, 1610 и 3040 ? 3000  $\text{cm}^{-1}$  (для А в последней области ? широкая полоса); для Б и В две интенсивные полосы при 1225  $\text{cm}^{-1}$  ? 1. Спектры ЯМР  $^1\text{H}$ : А ? три синглета при 3.7; 7.5 и 13.3 (уширенный) м.д.; соотношение интенсивностей 2:5:1; Б - 2.2 (синглет); 7.2 (мультиплет); соотношение интенсивностей сигналов 3:5; В - 3.7 (синглет); 7.4 (мультиплет); соотношение интенсивностей 3:5. 2. Пригоден ли, по Вашему мнению, метод электронной спектроскопии для того, чтобы следить за ходом реакций Дильса ? Альдера ? Ответ мотивируйте. 3. Установите строение вещества с брутто-формулой  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$  на основании следующих данных: Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  ( $\delta$ , м.д.): 1.15 (триплет); 2.0 (синглет); 4.0 (квадруплет); соотношение интенсивностей 3:3:2 соответственно. Масс-спектр ( $m/e$ ): 88 (10), 73 (12), 70 (6), 61 (15), 45 (10), 44 (3), 43 (100), 42 (8), 29 (20), 28 (10), 27 (9), 15 (8). ИК спектр: нет поглощения в области свыше 3 000  $\text{cm}^{-1}$ ; интенсивное поглощение при 1742  $\text{cm}^{-1}$ , 1233  $\text{cm}^{-1}$  и 1054  $\text{cm}^{-1}$ . УФ спектр:  $I_{\text{max}}$  (в гексане) 207 нм ( $\lg \epsilon = 1.84$ ).

**Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к экзамену:

Образец билета к экзамену.

Билет ♦ 1

1. Общая характеристика физических методов исследования. Их отличие от химических методов. Принципиальная схема любого физического прибора. Понятие о прямой и обратной структурной задаче. Классификация ФМИ.

2. Охарактеризуйте смысл следующих терминов и понятий (поясните также, к какому или к каким физическим методам они имеют отношение):

-химический сдвиг

-константа сверхтонкого взаимодействия

-импульсная спектроскопия

-спиновая плотность

-разрешенность (запрет) по симметрии переходов между энергетическими уровнями в молекулярной спектроскопии, проявление в спектрах

-фактор сходимости и его оценки

3. Задача.

Установите строение вещества с брутто-формулой  $C_4H_8O_2$  на основании следующих данных:

Спектр ЯМР  $^1H$  ( $d$ , м.д.): 1.15 (триплет); 2.0 (синглет); 4.0 (квадруплет); соотношение интенсивностей 3:3:2 соответственно.

Масс-спектр ( $m/e$ ): 88 (10), 73 (12), 70 (6), 61 (15), 45 (10), 44 (3), 43 (100), 42 (8), 29 (20), 28 (10), 27 (9), 15 (8).

ИК спектр: нет поглощения в области свыше  $3000\text{ см}^{-1}$ ; интенсивное поглощение при  $1742\text{ см}^{-1}$ ,  $1233\text{ см}^{-1}$  и  $1054\text{ см}^{-1}$ .

УФ спектр:  $\lambda_{max}$  (в гексане)  $207\text{ нм}$  ( $\lg \epsilon = 1.84$ ).

### 7.1. Основная литература:

1. Пентин Ю.А., Вилков Л.В. // Физические методы исследования в химии. М.: Мир, 2003. - 683 с.
2. Лебедев А.Т. // Масс-спектрометрия в органической химии. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2003. - 493 с., ил.- (Методы в химии).
3. Каратаева Ф.Х., Клочков В.В. // Спектроскопия ЯМР  $^1H$  и  $^{13}C$  в органической химии. - Казань, 2007.- 154 с.

### 7.2. Дополнительная литература:

1. Уитли П. // Определение молекулярной структуры.- М.: Мир.1970.- 296 с.
2. Хедвиг П. // Прикладная квантовая химия. М.: Мир, 1977. - 595 с.
3. Э.Илиел, С.Вайлен, М.Дойл. // Основы органической стереохимии. Пер.с англ. - М.: Бином, 2007.- 703 с.
4. Ельяшевич М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия. // М.: КомКнига, 2006.
5. Фаррар Т., Беккер Э. // Импульсная и Фурье спектроскопия ЯМР. М.: Мир,1973.
6. Байбл Р. // Интерпретация спектров ядерного магнитного резонанса. М.: Атомиздат, 1969. - 224 с.
7. Эмсли Дж., Финей Дж., Сатклиф А. // Спектроскопия ЯМР высокого разрешения : в 2-х т. - М.: Мир, 1968. - т. 1. - 630 с.
8. Сергеев Н.М. Спектроскопия ЯМР. // М.: Изд-во МГУ, 1981. - 279 с.

9. Гюнтер Х. Введение в курс спектроскопии ЯМР. // М.: Мир, 1984. - 78 с.
10. Лакович Дж. Основы флуоресцентной спектроскопии. // М.: Мир, 1986.
11. Мэйтленд А., Данн М. Введение в физику лазеров. // М.: Наука, 1978.
12. Зайдель А.Н., Островская Г.В., Островский Ю.И. // Техника и практика спектроскопии. М.: Наука, 1976.
13. Самитов Ю.Ю. Атлас спектров ЯМР пространственных изомеров. // Т. 1. - Казань, Изд-во КГУ, 1978. - 205 с.
14. Драго Р. // Физические методы в химии. В 2 томах. М.: Мир, 1981. т.1,2.
15. Иоффе Б.В., Костиков Р.Р., Разин В. В. // Физические методы определения строения органических молекул (Учебное пособие). Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1976. - 344 с.
16. Л.А.Казицына, Н.Б.Куплетская. // Применение УФ-, ИК- и ЯМР-спектроскопии в органической химии. М.: Высшая школа, 1971. - 264с.
17. Р.Сильверстейн, Г.Басслер, Т.Моррил. // Спектрометрическая идентификация органических соединений. М.: Мир, 1977. - 590 с.
18. В.А.Миронов, С.А.Янковский. // Спектроскопия в органической химии. М.: Химия, 1985. - 232 с.
19. Вилков Л.В., Матрюков В.С., Садова Н.И. //Определение геометрического строения свободных молекул. Л.: Химия. 1978.- 224 с.
20. М.А.Порай-Кошиц. // Основы структурного анализа химических соединений. М.: Высшая школа, 1982.- 151 с.
15. Иоффе Б.В., Костиков Р.Р., Разин В. В. // Физические методы определения строения органических молекул (Учебное пособие). Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1976. - 344 с.
16. Л.А.Казицына, Н.Б.Куплетская. // Применение УФ-, ИК- и ЯМР-спектроскопии в органической химии. М.: Высшая школа, 1971. - 264с.
17. Р.Сильверстейн, Г.Басслер, Т.Моррил. // Спектрометрическая идентификация органических соединений. М.: Мир, 1977. - 590 с.
18. В.А.Миронов, С.А.Янковский. // Спектроскопия в органической химии. М.: Химия, 1985. - 232 с.
19. Вилков Л.В., Матрюков В.С., Садова Н.И. //Определение геометрического строения свободных молекул. Л.: Химия. 1978.- 224 с.
20. М.А.Порай-Кошиц. // Основы структурного анализа химических соединений. М.: Высшая школа, 1982.- 151 с.
15. Иоффе Б.В., Костиков Р.Р., Разин В. В. // Физические методы определения строения органических молекул (Учебное пособие). Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1976. - 344 с.
16. Л.А.Казицына, Н.Б.Куплетская. // Применение УФ-, ИК- и ЯМР-спектроскопии в органической химии. М.: Высшая школа, 1971. - 264с.
17. Р.Сильверстейн, Г.Басслер, Т.Моррил. // Спектрометрическая идентификация органических соединений. М.: Мир, 1977. - 590 с.
18. В.А.Миронов, С.А.Янковский. // Спектроскопия в органической химии. М.: Химия, 1985. - 232 с.
19. Вилков Л.В., Матрюков В.С., Садова Н.И. //Определение геометрического строения свободных молекул. Л.: Химия. 1978.- 224 с.
20. М.А.Порай-Кошиц. // Основы структурного анализа химических соединений. М.: Высшая школа, 1982.- 151 с.
21. Леви Г., Нельсон Г. // Руководство по ядерному магнитному резонансу углерода-13 для химиков органиков. - М.: Мир, 1975. - 295 с.

### 7.3. Интернет-ресурсы:

База данных характеристик химических соединений - <http://nmrshiftdb.nmr.uni-koeln.de>

База химических и физико-химических свойств соединений, 2013 - <http://chemeo.com>

Материалы курса для студентов Фалнльтета молекулярной и биологической физики МФТИ, 2012 - <http://bio.fizteh.ru/student/files/fizmetody>

Материалы курса "Физические методы исследования макромолекул и биологических объектов" для студентов Саратовского государственного университета, 2012. - <http://optics.sgu.ru/library/education/structurestudy>

Спектральная база данных органических соединений, 2012 - [http://sdbs.riodb.aist.go.jp/sdbs/cgi-bin/direct\\_frame\\_top.cgi](http://sdbs.riodb.aist.go.jp/sdbs/cgi-bin/direct_frame_top.cgi)

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану**

Освоение дисциплины "Физические методы исследования" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по специальности: 020201.65 "Фундаментальная и прикладная химия" и специализации Химия высокомолекулярных и элементоорганических соединений .

Автор(ы):

Чмутова Г.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Антипин И.С. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Лист согласования

N	ФИО	Согласование
1	Антипин И. С.	Согласовано
2	Галкин В. И.	Согласовано
3	Бычкова Т. И.	Согласовано
4	Чижанова Е. А.	Не согласовано Требованиям по обеспеченности и критерию новизны соответствует литература в п.3 (желательно включить в список основной литературы следующий ЭР: Каратаева Ф.Х., Клочков В.В. Спектроскопия ЯМР в органической химии. Часть I. 2013.(Для студентов и аспирантов химического и биологического факультетов) Подробности: <a href="http://kpfu.ru/main_page?p_sub=12946">http://kpfu.ru/main_page?p_sub=12946</a> Любое использование материалов допускается только при наличии гиперссылки на портал КФУ (kpfu.ru)). К изданию в п.1 нужно добавить другой год издания : (Пентин, Юрий Андреевич. Физические методы исследования в химии: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 011000 "Химия" и направлению подготовки 510500 "Химия" / Ю. А. Пентин, Л. В. Вилков. ?Москва: Мир, [2012]. ?683 с.,- 10 экз.). Издание в п.2 не отвечает требованиям по обеспеченности (1 экз.).
5	Соколова Е. А.	
6	Тимофеева О. А.	