


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И МЕХАНОХИМИИ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИХТТМ СО РАН)



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИХТТМ СО РАН
Иванов-Корр. РАН


А.П. Немудрый
23 марта 2022 г.

Рабочая программа дисциплины

ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ТВЕРДЫХ ТЕЛ

Программы подготовки научных и научно-педагогических кадров
в аспирантуре

Научная специальность подготовки:
1.4.15. Химия твердого тела

Новосибирск 2022

Рабочая программа дисциплины «Физические методы исследований твердых тел» составлена в соответствии с федеральными государственными требованиями в рамках Программы подготовки научных и научно-педагогических кадров по научной специальности 1.4.15. Химия твердого тела.

ФГТ введены в действие приказом Минобрнауки России от 20 октября 2021 г. № 951.

Программа утверждена на заседании Ученого совета ИХТТМ СО РАН, протокол № 6 от 28 марта 2022 г.

Программу разработал:
Доцент ИХТТМ СО РАН, канд. хим. наук Матейшина Ю.Г.

Зав. аспирантурой

д.х.н.



Т.П. Шахтшнейдер

1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины – формирование у аспирантов целостного представления об объектах и методах исследования в области химии твердого тела, а также приобретение практических навыков использования физико-химических методов для установления строения и свойств соединений.

Задачи дисциплины:

- ознакомление аспирантов с основами физико-химических методов исследования, практическими возможностями и ограничениями важнейших для химиков физико-химических методов исследования;

- ознакомить аспирантов с аппаратным оснащением и условиями проведения эксперимента;

- научить аспирантов интерпретировать и грамотно оценивать экспериментальные данные, в том числе публикуемые в научной литературе;

- научить аспирантов оптимальному выбору методов для решения поставленных задач и делать заключения на основании анализа и сопоставления всей совокупности имеющихся данных;

- приобретение знаний и умений в области методов исследования строения и свойств твердых тел и анализа полученных данных в процессе выполнения научно-исследовательской работы.

2. Место дисциплины в структуре Программы аспирантуры

Дисциплина «Физические методы исследований твердых тел» относится к образовательной компоненте Программы аспирантуры по научной специальности 1.4.15. Химия твердого тела, реализуемой в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте химии твердого тела и механохимии Сибирского отделения Российской академии наук (ИХТТМ СО РАН).

Дисциплина «Физические методы исследований твердых тел» является составной частью модуля «Химия твердого тела».

Дисциплина «Физические методы исследований твердых тел» является дисциплиной по выбору для освоения в 1-й год обучения.

Результаты освоения дисциплины «Физические методы исследований твердых тел» используются в следующих разделах Программы аспирантуры:

- Научная деятельность, направленная на подготовку диссертации к защите.
- Научно-исследовательская практика.
- Итоговая аттестация.

Уровень начальной подготовки аспиранта: для успешного освоения дисциплины необходимо знать основные положения общей, неорганической, аналитической химии, химии твердого тела, физики, высшей математики, иметь представления об использовании компьютерной техники для обработки результатов химического эксперимента. Дисциплина закладывает знания и навыки для подготовки кандидатской диссертации.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине «Физические методы исследований твердых тел».

В результате освоения дисциплины аспиранты должны:

Знать связь физических и химических свойств твердых тел с их строением; основные физические методы исследования свойств твердых тел (основы, особенности и их ограничения).

Уметь планировать, организовывать и проводить научные исследования с применением современной аппаратуры, оборудования и компьютерных технологий;

выбирать экспериментальные физические методы исследования твердых тел, необходимые для получения конкретной информации о строении, химических и физических свойствах твердых тел;

осуществлять выбор в пользу того или иного экспериментального метода для получения информации о конкретном физическом и/или химическом свойстве твердых тел;

анализировать аналитические и графические зависимости;

обобщать результаты исследований состава, структуры и свойств и устанавливать между ними взаимосвязь;

решать типовые интерпретационные химические задачи.

Владеть теоретическими основами методов исследования и определения состава, структуры и свойств твердых веществ;

техникой экспериментальных исследований и методами обработки экспериментальных данных в области химии твердого тела;

способностью к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы с применением современных физических методов исследования;

навыками грамотной интерпретации результатов физических методов исследования твердых тел и их сопоставления.

4. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 72 академических часа, из которых 36 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (20 часов - занятия лекционного типа, 12 часов – научно-практические занятия, 2 часа - групповые консультации, 2 часа - мероприятия промежуточной аттестации), 36 часов составляет самостоятельная работа аспиранта.

В процессе обучения предусмотрены следующие виды самостоятельной работы обучающегося:

- работа с конспектами лекций,
- проработка лекционных материалов по конспекту лекций на основании заданий, подготовленных преподавателем;
- изучение обязательной и дополнительной литературы;
- подготовка к текущему и промежуточному контролю знаний.

4.1. Объем и структура дисциплины:

Показатель объема дисциплины и вид деятельности		Семестр
		2
	Объем дисциплины в часах	72
	Всего занятий в контактной форме, час	36
	Лекции, час	20
	Практические занятия, час	12
	Лабораторные занятия, час	-
	из них в активной и интерактивной форме, час	-

	Аттестация, час	2
	Консультации, час	2
	Самостоятельная работа, час	36
	Вид аттестации	Экзамен

4.2. Содержание дисциплины:

Таблица 4.2

№ п/п	Наименование разделов (тем) дисциплины	Количество часов				Контроль
		Лекция	Практическая работа	Самост. работа	Экзамен	
1	Введение. Общие понятия. Исследование механических, акустических свойств	2		2		
2	Методы исследования тепловых и термических свойств.	2	1	4		Контрольные вопросы/задачи
3	Методы исследования термических и механических свойств	2	1	4		Контрольные вопросы/задачи
4	Методы исследования барических и термобарических свойств.	1	1	2		Контрольные вопросы/задачи
5	Методы исследования оптических свойств (Микроскопия).	1	1	4		Контрольные вопросы/задачи
6	Методы исследования дифракционных свойств	4	3	4		Контрольные вопросы/задачи
7	Методы исследования оптических свойств.	2	1	4		Контрольные вопросы/задачи
8	Методы исследования транспортных и электрических свойств	3	2	4		Контрольные вопросы/задачи
9	Методы исследования магнитных свойств	1	1	4		Контрольные вопросы/задачи
10	Прочие методы исследования	2	1	4		Контрольные вопросы/задачи
					4	Экзамен
	Всего:	20	12	36	4	

Программа курса лекций

1. *Введение. Общие понятия. Исследование механических, акустических свойств.* Дается краткое описание основных методов измерения и исследования механических и акустических свойств. Рассмотрены примеры получаемой информации и особенности ее интерпретации для наиболее практически значимых и распространенных методов исследования

2. *Методы исследования тепловых и термических свойств.* Описаны основы методов термического анализа, термографии, пирометрии, калориметрии, дифференциального термического анализа (ДТА) и дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК). Приводится описание и интерпретация в доступной форме практически значимых результатов, которые можно получить при использовании этих методов. Приведены схемы устройств и экспериментов. Особое внимание уделено определению таких свойств твердых тел как теплопроводность и теплоемкость. Возможности применения вышеперечисленных методов продемонстрированы на примере новейших работ, выполненных как в ведущих международных исследовательских центрах, так и в

Институтах СО РАН.

3. *Методы исследования термических и механических свойств.* Рассмотрены физические принципы, характер получаемой информации и особенности ее интерпретации для наиболее распространенных методов исследования термических и механических свойств. На примере метода термогравиметрии показано, как количественно можно определить энтальпии химических и физических превращений, изучить фазовые переходы, происходящие в твердом теле при плавлении, перестройке кристаллической структуры, кипении, возгонке и испарении.

4. *Методы исследования барических и термобарических свойств.* Приведена общая схема проведения барических и термобарических исследований при различных давлениях с использованием самого современного оборудования. Рассмотрены основные принципы, лежащие в основе методов исследования барических и термобарических свойств. Проведено сравнение представленных методов. Рассмотрены основные методы, которые можно использовать в совокупности с вышеописанными для получения дополнительной информации.

5. *Методы исследования оптических свойств (Микроскопия).* Введены основные понятия оптической микроскопии: законы геометрической оптики, где используются эффекты отражения, преломления, поглощения и рассеяния света. Определена область использования оптической микроскопии: для изучения морфологии кристаллов, реагентов, продуктов; исследования дефектов (точечных, линейных); исследования границ раздела фаз и непосредственно (*in situ*) наблюдения за кинетикой протекания различных процессов (химических реакций, фазовых переходов, и т.д.). Особое внимание уделено методам, в которых используются другие источники помимо видимого света: УФ – излучение (люминесцентная микроскопия, обладающая высокой чувствительностью), ИК- и КР – излучение. Приведены краткие характеристики и сравнение таких методов как электронная микроскопия, ионная микроскопия, атомная силовая микроскопия, поляризационная микроскопия, сканирующая туннельная микроскопия и др. Приведены возможности применения вышеперечисленных методов на примере новейших работ, выполненных как в ведущих международных исследовательских центрах, так и в Институтах СО РАН.

6. *Методы исследования дифракционных свойств.* Рассмотрены основы методов рентгеновской дифракции, в которых в качестве источника дифракции можно использовать не только электромагнитные волны, но и электроны и нейтроны. Рассмотрены основные физические принципы, лежащие в основе дифракционных методов исследования. Дано краткое описание методам: Лауэ, с использованием камеры Гинье, Дебая-Шеррера. Приведено описание особенностей установок, которые используются для реализации этих экспериментов. Дан сравнительный анализ результатов, получаемых при помощи этих методов, и указаны возможности использования дифракционных методов в том или ином случае. Дополнительно охарактеризованы такие методы, как малоугловое рассеяние, дифракция с использованием синхротронного излучения и приведены их возможности. Приведено описание для таких методов как EXAFS, электронография, нейтронография и указаны возможности использования этих методов.

7. *Методы исследования оптических свойств.* Рассмотрены основные явления, происходящие при поглощении света веществом: поглощение, отражение, испускание. Рассмотрены простые гармонические движения атомов в молекуле. Силовые постоянные. Квантовомеханический подход к описанию колебательных частот, учёт ангармоничности. Кривые потенциальной энергии. Колебательные уровни. Правила отбора в ИК спектроскопии. Классическая задача о колебаниях многоатомных молекул. Нормальные колебания. Обертон. Составные и разностные частоты. Резонанс Ферми. Интенсивность полос колебательных спектров. Концепция групповых колебаний и ее ограничения. Симметрия колебаний. Рассмотрены физические основы методов исследования оптических свойств. Подробно охарактеризованы основные и практически используемые

методы исследования: рентгеновская спектроскопия, Оже-спектроскопия, спектроскопия ультрафиолетового (УФ-спектроскопия) и видимого света, колебательная ИК- и КР-спектроскопия, инфракрасная спектроскопия, микроволновая и диэлектрическая спектроскопия. Приведены краткие характеристики установок. Приведен сравнительный анализ результатов и определены области использования этих методов.

8. *Методы исследования транспортных и электрических свойств.* Введены основные понятия: массоперенос, внутренняя диффузия, самодиффузия, поверхностная диффузия. Рассмотрены основные диффузионные механизмы и уравнения диффузии, диффузия невзаимодействующих атомов за счет градиента концентраций и поверхностная диффузия атомных кластеров и островков. Приведены краткое описание и физические основы контактных и бесконтактных методов исследования: метода кондуктометрии, Тубандта, потенциометрии и других. На примерах показаны возможности этих методов.

9. *Методы исследования магнитных свойств.* Дано объяснение возникновения магнитных свойств у твердых тел. Введены основные понятия: намагниченность, магнитная проницаемость и восприимчивость, магнитный момент. Указаны два типа методов магнитных измерений: стационарные (магнитного взвешивания Гауи и Фарадея) и резонансные (электронного парамагнитного резонанса (ЭПР), ядерного магнитного резонанса (ЯМР) и ядерного гамма – резонанса (ЯГР, мессбауэровской спектроскопии)) и приведены их краткие характеристики. Приведен краткий анализ результатов, полученных с использованием этих методов.

10. *Прочие методы исследования.* Рассмотрены методы определения плотности керамических образцов, пористости материалов, в частности продуктов реакции. Указаны способы определения размера частиц с помощью рентгеновской дифракции, малоуглового рассеяния, фотонно-корреляционной спектроскопии и лазерного рассеяния. Описаны адсорбционные методы определения удельной поверхности и распределения пор по размерам.

5. Самостоятельная работа обучающихся.

Таблица 5.1

<i>Виды работы</i>	<i>Количество часов</i>
Работа с конспектами лекций; изучение основной и дополнительной литературы; подготовка к текущему и промежуточному контролю знаний.	36

Самостоятельная работа аспирантов включает изучение основной и дополнительной литературы; поиск информации в сети Интернет с применением поисковых систем, электронных библиотек, баз данных и т.д. информации о применении физических методов исследования для решения интерпретационных задач химии; самостоятельное изучение теоретических основ физических методов исследования в химии твердого тела; выполнение индивидуальных заданий по интерпретации электронных, колебательных, ЯМР спектров.

6. Образовательные технологии.

Занятия проводятся в лекционной форме с элементами интерактивного обучения.

7. **Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

7.1. Формы текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации по дисциплине.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль. В течение семестра по мере ознакомления с лекционным материалом аспирантам предлагаются вопросы и задачи, относящиеся к применению конкретных физико-химических методов для задач химии твердого тела и физической химии. В результате преподаватель предварительно оценивает уровень подготовки аспиранта в баллах по пятибалльной шкале.

Промежуточная аттестация. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме зачета. Зачет проводится в виде решения комплексной задачи. Аспиранту предлагается детально описать и обсудить результаты методов исследования конкретного соединения, использованные в научной статье, проанализировать полученную информацию, сопоставить результаты разных методов исследования, предсказать и обосновать процессы, протекающие в конкретном соединении. Оценка ставится в соответствии с уровнем понимания аспирантом сути работы, умения не только описать результаты экспериментальных методов, изложенные в статье, но и предположить процессы, происходящие в соединении, всесторонне описать физические свойства, предложить дополнительные физические методы исследования, способные подтвердить теорию. Зачет оценивается по пятибалльной шкале.

Итоговая оценка ставится с учетом баллов, заработанных аспирантов в течение семестра, и оценкой, поставленной преподавателем за зачет.

7.2. Критерии оценки

Таблица 7.2

Оценка	Критерии оценки
Отлично	Аспирант строит ответ логично в соответствии с планом, обнаруживает глубокое знание теоретических вопросов. Уверенно отвечает на дополнительные вопросы. При ответе грамотно использует научную лексику.
Хорошо	Аспирант строит ответ в соответствии с планом, обнаруживает хорошее знание теоретических вопросов. Ответ содержит ряд несущественных неточностей. Наблюдается некоторая неуверенность или неточность при ответе на дополнительные вопросы. Речь грамотная с использованием научной лексики
Удовлетворительно	Ответ аспиранта недостаточно логически выстроен, обнаруживается слабость в развернутом раскрытии теоретических вопросов, хотя основные понятия раскрываются правильно. Наблюдается сильная степень неуверенности при ответе на дополнительные вопросы. Научная лексика используется ограниченно.
Неудовлетворительно	Аспирант не может раскрыть содержание основных понятий и теорий. Проявляет стремление подменить научное обоснование проблемы рассуждением бытового плана. Ответ содержит ряд серьезных неточностей. Преобладает бытовая лексика. Аспирант не способен выполнить практическое задание.

7.3. Контролирующие материалы.

Перечень контрольных вопросов по курсу «Физические методы исследования твердых тел»

1. Перечислить основные методы определения механических свойств твердых тел.
2. Дать примеры твердофазных реакций, сопровождающихся изменением массы. Как исследовать эти процессы?
3. Описать схемы оптико-механического и интерференционного dilatометра.
4. Перечислить физические принципы, лежащие в основе дифференциального термического анализа.
5. Описать два способа регистрации результатов термического анализа.
6. Рассказать, каким образом можно использовать информацию о тепловых эффектах для изучения твердофазных реакций.
7. Описать схемы установок для физико-химических исследований при высоких давлениях.
8. На чем основан спектроскопический метод исследования твердых тел - оптическая микроскопия?
9. Объяснить физические принципы Оже-электронной спектроскопии (ОжеЭС).
10. На чем основан спектроскопический метод исследования твердых тел: инфракрасная спектроскопия (ИКС)?
11. Объяснить принцип действия электронного микроскопа.
12. В чем физическая суть структурного метода исследования: дифракция медленных электронов (ДМЭ)?
13. В чем суть текстурного метода исследования: сканирующая электронная микроскопия?
14. В чем заключаются особенности, преимущества и недостатки метода просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ)?
15. Объяснить принцип работы атомно-силового микроскопа (АСМ)?
16. На чем основан микроскопический метод исследования твердых тел: зондовая микроскопия?
17. Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом. Дифракционные и спектроскопические методы. Прямая и обратная задача.
18. В чем основная суть метода Лауэ?
19. На чем основан дифракционный метод исследования твердых тел: рентгеновская дифрактография?
20. Описать дифракционные методы исследования твердых тел с использованием синхротронного излучения.
21. Как получают спектры EXAFS. Какую информацию можно извлечь из этих спектров?
22. На чем основан дифракционный метод исследования твердых тел: электронография и нейтронография?
23. Для каких целей используются методы рентгеновской спектроскопии?
24. Описать физические принципы спектроскопии ультрафиолетового (УФ-спектроскопия) и видимого света?
25. Интенсивность спектральных линий поглощения и испускания.
26. Какую химическую информацию можно получить с помощью колебательной спектроскопии (ИК- и КР-спектроскопии)?
27. Вращательные переходы в микроволновой спектроскопии двухатомных и многоатомных молекул. Правила отбора. Определение геометрических параметров молекул.

28. Степени свободы молекулы. Число степеней свободы для молекул ацетилен, ацетона, бензола, этана.
29. Приближение гармонического осциллятора. Энергия гармонического осциллятора для двухатомных молекул. Как определяется частота нормальных колебаний в приближении гармонического осциллятора и от каких параметров она зависит?
30. Какую информацию дают химике микроволновые и диэлектрические спектры кристаллов?
31. Описать методы исследования диффузии и ионного переноса в твердых телах.
32. Для решения каких задач химии твердого тела можно использовать методы потенциометрии?
33. Условия возникновения электронного парамагнитного резонанса. Энергия взаимодействия магнитного момента электрона с внешним магнитным полем. Эффект Зеемана.
34. Что такое g-фактор Ланде и как он влияет на положение сигнала ЭПР? Электрон-ядерное взаимодействие и сверхтонкая структура спектров ЭПР. Константа сверхтонкого взаимодействия.
35. Правила отбора для переходов между зеемановскими уровнями в системах с электрон-ядерным сверхтонким взаимодействием. Пояснить.
36. Какие твердофазные системы можно изучать методами ЭПР?
37. Магнитные моменты ядер. Энергия ядерных состояний во внешнем магнитном поле. Эффект Зеемана. Физический смысл явления ядерного магнитного резонанса.
38. Чем отличается спектр ЯМР в кристаллах от аналогичных спектров в жидкостях и газах и почему? Условия реализации ядерного магнитного резонанса.
39. На каком явлении основан метод ЯМР-спектроскопии? Какие ядра атомов могут вызывать сигнал в спектрах ЯМР? Что называется резонансной частотой ядра? Что называется временем спин-решеточной релаксации? Что представляет собой спектр ЯМР?
40. Физические принципы получения спектров ядерного гамма-резонанса. Энергия отдачи ядер и энергия эффекта Доплера. Влияние электрического квадрупольного и магнитного взаимодействий на спектры ядерного гамма-резонанса.
41. Условия, необходимые для реализации эффекта Мессбауэра. Схема устройства спектрометра ЯГР. Особенности эксперимента.
42. В чем уникальность и ограничения метода мессбауэровской спектроскопии? Применение в химии.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Основная литература:

1. Р. Драго. Физические методы в химии: в 2 т. М.: Мир, 1981. т. 1, 2. (электронный ресурс <http://booksonchemistry.com/index.php?id1=3&category=fizhim&author=drago-r>)
2. А. Вест. Химия твердого тела. Теория и приложения: В 2-х частях. Пер. с англ. – М.: Мир, 1988.
3. И.М. Жарский, Г.И. Новиков, Физические методы исследования в неорганической химии, М. Высшая школа, 1988.
4. Стронберг А.Г. Физическая химия: Учеб. для хим. спец. Вузов. 5-е издание. – М.: Высш. Шк., 2003. – 527 с.
5. Багоцкий В.С. Основы электрохимии. М.:Химия, 1988., 400 с. (электронный ресурс <http://booksonchemistry.com/index.php?id1=3&category=electrochem&author=bagockiy-vs>)

6. Л.В. Вилков, Ю.А. Пентин, Физические методы исследования в химии. Резонансные и электрооптические методы: Учеб. для хим. спец. вузов. - М.: Высшая школа, 1989, 288 с. (электронный ресурс <http://chemteq.ru/library/analytical/0032.html>)
7. Дж. Бранд, Г. Эглинтон Применение спектроскопии в органической химии. - М.: Мир, 1967. (электронный ресурс <http://chemteq.ru/library/analytical.html>)
8. А.В. Гармаш Введение в спектроскопические методы анализа. Оптические методы анализа. - М.: РАН ВХК, 1995. (электронный ресурс <http://chemteq.ru/library/analytical.html?start=20>)
9. Э. Преч, Ф. Бюльманн, К. Аффольтер. Определение строения органических соединений. Таблицы спектральных данных/Пер. с англ. Б.Н. Тарасевича. М: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006, 438 с.

8.2. Дополнительная литература:

1. В.Т. Калинин, Ю.В. Ракитин. Введение в магнетохимию. М.: Наука, 1980.
2. Н.М. Сергеев. Спектроскопия ЯМР: Учеб. пособие. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. 279 с.
3. Х. Гюнтер. Введение в курс спектроскопии ЯМР. М.: Мир, 1984. 478 с.
4. В.Н. Чеботин, Физическая химия твердого тела. М. Химия. 1982.
5. Ф. Креггер, Химия несовершенных кристаллов. М. Мир. 1969.
6. В.Л. Бонч-Бруевич, С.Г. Калашников. Физика полупроводников. М.: Наука, 1978
7. А.К. Иванов-Шиц, И.В. Мурун. Ионика твердого тела. СПбГУ, 2002.
8. Структурные методы и оптическая спектроскопия: Учеб. М.: Высш. шк., 1987. 366 с.
9. Б.Е. Зайцев. Спектроскопические методы в неорганической химии. М. Химия, 1979.
10. В.И. Нефедов. Рентгеноэлектронная спектроскопия. М. Знание. 1983.
11. Дж. Лакович. Основы флуоресцентной спектроскопии. М.: Мир, 1986.
12. Физические методы исследования неорганических веществ; под ред. А.Б. Никольского; Academia; 2006.
13. С.С. Горелик, Ю.А. Скаков, Л.Н. Расторгуев. Рентгенографический и электроннооптический анализ. М: МИСИС, 1994.
14. Физические методы исследований и свойства неорганических соединений/ под ред. Н.Хилла, Р.Дея. М. Мир, 1970.
15. Я.С.Уманский, Ю.А.Скаков, Л.Н.Расторгуев. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия. М. Металлургия. 1982.
16. П. Хирш, А. Хови и др., Электронная микроскопия тонких кристаллов. М.: Мир, 1968.
17. А. А. Суслов, С. А. Чижик. Сканирующие зондовые микроскопы (обзор) // Материалы, Технологии, Инструменты – Т.2 (1997), №3, С. 78–89.
18. Физические методы исследования неорганических веществ; под ред. А.Б. Никольского; Academia; 2006 г.; 3000; 448 с.
19. Лейбниц Э., Штруппе Х.Г. Руководство по газовой хроматографии. Т.1,2. М.: Мир, 1988.
20. Л.Н. Сидоров, М.В. Коробов, Л.В. Журавлева. Масс-спектральные термодинамические исследования. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1985. 208 с.
21. Н.С. Вульфсон, В.Г. Аикин, А.И. Микая. Масс-спектрометрия органических соединений. М.: Химия, 1986. 311 с.
22. И.М. Жарский, Г.И. Новиков, Физические методы исследования в неорганической химии, М. Высшая школа, 1988.
23. Н.Д.Топор, Л.П. Огородова, Л.В. Мельчакова, Термический анализ минералов и неорганических соединений. М. МГУ. 1987.
24. Я. Шестак. Теория термического анализа. М. Мир. 1987.
25. С. С. Щедровицкий, Измерение массы, объема и плотности, М., 1981.
26. Химическая энциклопедия, в 5 т., под ред. Кнунянца И. Л. - М.: Сов. энцикл., 1988-1998.

27. В.А. Бурилов, Л.З. Латыпова, О.А. Мостовая, Л.С. Якимова, Г.А. Чмутова. Современные физико-химические методы исследования в органической химии - Казань, Казан. ун-т, 2017. 131 с. <http://www.ccp4.ac.uk/>
28. А.С. Илюшин, А.П. Орешко. Дифракционный структурный анализ. 2017 г. М.: физический факультет МГУ, Издательский дом «Крепостновъ». 616 с.
29. Каратаева Ф. Х.; Клочков В. В. Спектроскопия ЯМР в органической химии, 2016 г. <http://vina.scripps.edu>

8.3. Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

1. MS Windows 7.
2. Офисный пакет LibreOffice.
3. Антивирусная программа Dr.Web.
4. Программа просмотра файлов PDF Acrobat Reader.
5. Интернет-браузеры Mozilla Firefox, Google Chrome, Opera

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

- Научная электронная библиотека eLibrary.ru (<http://elibrary.ru>);
- Реферативно-библиографическая и наукометрическая (библиометрическая) база данных Web of Science (http://apps.webofknowledge.com/UA_GeneralSearch_input.do?product=UA&search_mode=GeneralSearch&SID=N1ueGpOv8ndHm2xXVE2&preferencesSaved=);
- Реферативно-библиографическая и наукометрическая (библиометрическая) база данных Scopus (<https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic>);
- Полнотекстовая база данных ScienceDirect – ведущая информационная платформа Elsevier для ученых, преподавателей, студентов (<https://www.sciencedirect.com>);
- Google Scholar – полнотекстовый поиск в научных источниках – журналах, тезисах, книгах (<https://scholar.google.ru>);
- DOAJ – Directory of Open Access Journal – каталог журналов открытого доступа (www.doaj.org) - сайт, на котором расположены ссылки на открытые полнотекстовые научные журналы по всем темам и на всех языках;
- Электронные ресурсы удаленного доступа ГПНТБ России (<http://www.gpntb.ru/elektronnye-resursy-udalennogo-dostupa.html>)
- Электронные каталоги и базы данных ГПНТБ СО РАН (http://webirbis.spsl.nsc.ru/irbis64r_01/cgi/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=CAT&P21DBN=CAT)
- Электронная библиотека ГПНТБ СО РАН (<http://www.spsl.nsc.ru/win/nelbib/index-new1.html>)

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Чтение лекций по дисциплине осуществляется на базе Института химии твердого тела и механохимии СО РАН.

Учебный класс для чтения лекций оборудован персональным компьютером с необходимым ПО и мультимедийным проектором с экраном.

Практические занятия аспиранты могут проводить при использовании оборудования ИХТТМ СО РАН, приборный парк которого включает в себя: Спектрометр ЯМР Bruker Avance-3-500, Спектрометр ЯМР Bruker DPX-250, ИК-спектрометр Varian 660 IR, УФ-спектрометр Carry 50, Газовый хромато-масс-спектрометр Agilent 5973N EI/PCI, Установка для работы со сверхкритическими флюидами, рамановский спектрометр RFS-100s (Bruker, Германия), ИК-Фурье спектрометр “Tensor-27”, ИК Фурье-спектрометр

«Инфралюм» (Россия), спектрофотометр СФ 56А (Россия), УФ-спектрометры UV-VIS (Shimadzu, Япония), комплекс спектрометрический КСВУ-23 (Россия), атомно-абсорбционный спектрофотометр С-115-М1; дифрактометры рентгеновские ДРОН-4 (Россия), дифрактометр монокристалльный STADI-4 (STOE, Германия), синхронный дериватограф STS 449S Jupiter (Netzsch, Германия), электронные микроскопы JEM-2000FX, JSM-6700F (Jeol, Япония) и BS-340 (Tesla, Чехословакия), прибор для измерения удельной поверхности Sorbi (Россия), оптические микроскопы (Karl Zeiss Jena, Германия). Для электрофизических и электрохимических исследований будут использоваться анализаторы диэлектрических свойств и импеданса Novoscontrol ВЕТА К (Германия) и Hewlett-Packard 4184А (США), импедансметр «Эллинс» (Россия), измеритель иммитанса Е7-25 (Белоруссия), полярограф РА-2 (Венгрия), автоматическая система для электрофизических и электрохимических исследований ИПУ-01 (изготовитель - ИАиЭ СО РАН), автоматизированная установка для эллипсометрических исследований в процессе электрохимической обработки материалов (изготовитель - ИФП СО РАН).

10. Язык преподавания

Дисциплина преподается на русском языке.