МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»

Физический факультет

УТВЕРЖДАЮ:

И.О. декана _____ Малышев А.И.

«____ » _____ 20___г.

Рабочая программа дисциплины

«Химия твердого тела»

Уровень высшего образования

бакалавриат

Направление подготовки
03.03.02 - Физика

Профиль подготовки
«Кристаллофизика»

Квалификация (степень) выпускника

бакалавр

Форма обучения - очная

Нижний Новгород

2017 Год

(год поступления 2017)

1. **Место и цели дисциплины (модуля) в структуре ОПОП**

Дисциплина «Химия твердого тела» относится к вариативной части ОПОП и является дисциплиной по выбору. Дисциплина преподается в 7м семестре четвертого года обучения в бакалавриате по направлению подготовки 03.03.02 «Физика».

Для освоения данной дисциплины студентам необходимо обладать базовыми знаниями по дисциплинам «Химия», «Общая физика» и «Кристаллография».

Курс отвечает основным требованиям в плане решения задачи по совершенствованию обучения в высшей школе. Этот курс дает знания о фундаментальных положениях современных естественных наук, которые необходимы для понимания главных направлений ее развития и прогресса.

Целями освоения дисциплины являются:

Целями освоения дисциплины «Химия твердого тела» являются:

- Изучение основных подходов к синтезу твердых тел, а также их реакционоспособности в процессах с участием фаз разного агрегатного состояния
- Рассмотрение классификации и основ количественной энергетической теории изоморфизма
- Изучение классификации фазовых переходов
- Рассмотрение современных физико-химических методов исследования твердых тел

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции	**Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций**
ОПК-3 Способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	У1 (ОПК-3) Уметь использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения задач химии твердого тела. З1 (ОПК-3) Знать области применимости существующих моделей и подходов к описанию процессов с участием твердых тел. В1 (ОПК-3) Владеть терминологическим и понятийным аппаратом химии твердого тела.
ПК-1 Способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	У1 (ПК-1) Уметь использовать полученные знания о методах получения и свойствах твёрдых тел при изучении других профильных физических дисциплин. З1 (ПК-1) Знать взаимосвязь между составом, строением и свойствами веществ, а также материалов на их основе. В1 (ПК-1) Владеть теоретическим аппаратом химии твердого тела.
ПК-3 Готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований	У1 (ПК-3) Уметь выбирать оптимальный подход к исследованию свойств твердых тел. З1 (ПК-3) Знать возможности современных физических методов исследования твердых тел. В1 (ПК-3) Владеть навыками работы в лаборатории и проведения экспериментов по получению и физико-химическому исследованию твердых тел.

3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 5 зачетных единиц, всего 180 часов, из которых 66 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (16 часов занятия лекционного типа, 48 часов занятия семинарского типа, в том числе 2 часа – текущий контроль, 2 час – мероприятия промежуточной аттестации), 114 часа составляет самостоятельная работа обучающегося.

Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Методы синтез твердых тел

Керамические методы (твердофазный синтез, золь-гель синтез, самораспространяющийся высокотемпературный синтез). Химические методы (метод предшественника). Методы высокого давления и дуговые методы. Синтез с использованием тепловыделения внутри реакционной смеси. Моделирование твердых тел для особых целей: аспекты дизайна материалов.

Тема 2. Структура твердых тел

Типы связи в кристаллах. Энергетика химической связи в кристаллах. Кристаллические структуры основных классов неорганических соединений (AB, AB2, AB3, ABX3 (пирохлоры), AxByOz (бронзы), A2B2O7 (перовскиты), силикаты\алюмосиликаты, цеолиты). Подходы к описанию кристаллической структуры: координационные полиэдры и полиэдры Вороного-Дирихле.

Тема 3. Изоморфизм

Отличие изоморфизма и изотипии. Эмпирические правила изоморфизма. Причины отклонений. Классификация изоморфизма. Термодинамика получения и существования твердых растворов. Основы количественной энергетической теории изоморфизма.

Тема 4. Полиморфизм. Классификация Бюргера. Методы исследования. Сочетание терморентгенографии и дифференциальной сканирующей калориметрии.

Тема 5. Фазовые переходы

Термодинамическая классификация Эренфеста. Классификация Уббелоде: размытые и точечные фазовые переходы. Кинетика фазовых переходов. Практическое использование фазовых переходов. Феноменологическая классификация Маккалафа-Уэструма.

Тема 6. Реакционная способность твердых тел

Природа твердофазных реакций. Реакции ТТ-газ. Реакции тт-жидкость. Реакции тт1-тт2. Образование пленок на поверхности ТТ. Факторы, влияющие на реакционоспособность твердых тел.

Тема 7. Методы исследования твердых тел

Резонансные методы: электронный парамагнитный резонанс, ядерный магнитный резонанс, ядерный гамма резонанс. Спектральные методы: микроволновая, колебательная и электронная спектроскопии. Спектроскопия поглощения, испускания и комбинационного рассеяния.

Список лабораторных работ:

1. Общие принципы работы с лабораторным оборудованием при синтезе веществ.
2. Основные способы получения твердых веществ
   a. твердофазный синтез соединений со структурой шпинели и перовскита
   b. золь-гель синтез (в т.ч применение метода Печини)
   c. осаждение из раствора.
3. Изучение влияния внешних условий на скорость твердофазной реакции
   a. влияние температуры
   b. влияние дисперсности
   c. влияние выбора реактивов
4. Рентгенофазовый анализ полученных твердых веществ. Аналитическое индицирование рентгенограмм неорганических веществ «среднесимметричных» сингоний.
5. Запись ИК спектров. Фактор-групповой анализ. Расчет констант прочности связи.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
	7 семестр очное					
Тема 1. Методы синтез твердых тел	44	4		18	22	12
Тема 2. Структура твердых тел	13	2		0	3	10
Тема3. Изоморфизм	24	2		12	14	10
Тема4. Полиморфизм.	12	2		0	2	10
Тема 5. Фазовые переходы	12	2		0	2	10
Тема6. Реакционная способность твердых тел	24	2		12	14	10
Тема 7. Методы исследования твердых тел	26	4		12	16	10
В т.ч.текущий контроль	2					
Промежуточная аттестация – экзамен						

4. Образовательные технологии

В процессе изучения дисциплины используются следующие образовательные технологии: проблемный метод изложения материала и диалогическая форма проведения лекций, элементы научной дискуссии. Лекционный курс базируется на ряде специально разработанных интерактивных презентаций. Лекционный курс сопровождается подготовкой рефератов по частным аспектам теоретических проблем дисциплины. В преподавании дисциплины (в части семинаров) активно используются интерактивные технологии групповой работы на практических занятиях, когда студенты обсуждают с преподавателем предложенную им задачу (научно-практическую проблему) как индивидуально («преподаватель – студент»), так и в ходе группового обсуждения с преподавателем возможных вариантов предложенных студентами решений («преподаватель – группа студентов»). В ходе обсуждения преподаватель может высказывать конструктивные критические замечания к предлагаемым решениям, просить студентов уделить особое внимание какому-нибудь аспекту рассматриваемого явления (обосновать сделанные выводы), а также предложить провести групповое обсуждение рассматриваемой проблемы и прийти к единому мнению.

Также дисциплина подразумевает самостоятельную работу студентов с современной литературой и веб-ресурсами.

Лабораторные работы предназначены для практического закрепления знаний, полученных в ходе лекционного курса, а также проведения исследований в области химии твердого тела.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, в целом в учебном процессе составляет 75% аудиторных занятий.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студентов включает работу в читальном зале фундаментальной библиотеки, в учебных кабинетах (лабораториях) и в домашних условиях, с доступом к ресурсам Интернет для подготовки к устному опросу и лабораторным работам.

К формам текущего контроля успеваемости дисциплины относятся следующие виды:

- Устный фронтальные опросы
- Подготовка устных сообщений (реферата) на тему лекции (семинара)

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проходит в форме **экзамена.**

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования.

Перечень компетенций, включая указание результатов обучения (знаний, умений, владений) приведен в п.2 настоящей Рабочей программы дисциплины.

Карты компетенций, в формировании которых участвует данная дисциплина, приведены в Приложении 2 к ОПОП.

6.2. Описание шкал оценивания.

Промежуточный контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде комплексного экзамена, на котором определяется:

- уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине;
- уровень понимания студентами изученного материала;
- способности студентов использовать полученные знания для решения конкретных задач.

Экзамен проводится в устной форме в виде ответа обучающегося на теоретические вопросы курса (с предварительной подготовкой) и последующим собеседованием в рамках тематики курса. Собеседование проводится в форме вопросов, на которые студент должен дать краткий ответ.

Для проведения промежуточного контроля сформированности компетенции используется ответ по билету на экзамене.

Оценка	Уровень подготовки
Превосходно	Высокий уровень подготовки, безупречное владение теоретическим материалом, студент демонстрирует творческий поход к решению нестандартных ситуаций. Студент дал полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета. Студент активно работал на практических занятиях, чему подтверждением является высокий средний балл за текущую успеваемость и оценки за контрольные работы.
Отлично	Высокий уровень подготовки с незначительными ошибками. Студент дал полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета. Студент активно работал на практических занятиях, имеет высокие средний балл за текущую успеваемость и оценки за контрольные работы.
Очень хорошо	Хорошая подготовка. Студент дал полный ответ на все теоретические вопросы билета, но допустил небольшие неточности в определениях понятий, процессов и т.п. Студент активно работал на практических занятиях, имеет высокие средний балл за текущую успеваемость и оценки за контрольные работы.
Хорошо	В целом хорошая подготовка с заметными ошибками или недочетами. Студент дал ответ на все теоретические вопросы билета, но допустил неточности в определениях понятий, процессов и т.п. Студент работал на практических занятиях, имеет хорошие средний балл за текущую успеваемость и оценки за контрольные работы.
Удовлетворительно	Минимально достаточный уровень подготовки. Студент показал

	минимальный уровень теоретических знаний, сделал существенные ошибки при ответе на экзаменационный вопрос. Студент посещал практические занятия, но имеет низкие средний балл за текущую успеваемость и оценки за контрольные работы.
Неудовлетворительно	Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Студент дал ошибочные ответы на теоретические вопросы билета. Студент посещал практические занятия, но имеет очень низкие средний балл за текущую успеваемость и оценки за контрольные работы.
Плохо	Студент отказался отвечать на экзаменационный билет.

При проверке отчета по лабораторной работе преподавателем оценивается:
- степень понимания целей работы;
- степень достижения поставленных целей (соответствие объема выполненной работы минимальным требованиям, установленным в учебном или учебно-методическом пособии);
- качество и достоверность полученных экспериментальных результатов;
- обоснованность полученных выводов (качество анализа полученных экспериментальных результатов);
- умение объяснить полученные результаты с использованием базовых и дополнительных источников, а также знаний, полученных при изучении профильных дисциплин;
- умение представить полученные результаты (оформить отчет в соответствии с требованиями, изложенными в учебном или учебно-методическом пособии).

Приемка отчетов по проделанным лабораторным работам проводится на основании следующих критериев:

Результат	**Критерий выставления**
Отчет принят	Отчет о проделанной лабораторной работе содержит ряд некритических отклонений от формы, описанной в учебном (учебно-методическом) пособии к лабораторной работе. При ответах на дополнительные вопросы (при сдаче отчета по лабораторной работе) студент демонстрирует знание основного материала с рядом негрубых ошибок или погрешностей, наличие минимально необходимого множества навыков, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, умение обозначить проблемные ситуации, владение источниками, а также отвечает на большинство поставленных вопросов. В тексте отчета неправомерные заимствования отсутствуют.
Отчет не принят	Отчет о проделанной лабораторной работе не представлен или форма представленного отчета существенно отличается от формы, описанной в учебном (учебно-методическом) пособии к лабораторной работе. При ответах на дополнительные вопросы (при сдаче отчета по лабораторной работе) студент демонстрирует полное непонимание смысла проблем, присутствуют грубые ошибок в основном материале, студент не демонстрирует достаточно полное владение терминологией, а также отсутствую один или несколько навыков, предусмотренных данной компетенцией. В тексте отчета встречаются элементы неправомочного заимствования, в том числе – текста лабораторных работ других студентов.

6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций.

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:
- устные ответы на вопросы при фронтальном опросе на лекционных занятиях;
- устные ответы на вопросы при фронтальном опросе на лабораторных занятиях;
- устный ответ на экзамене.
Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии:
- подготовка рефератов и устных сообщений на тему лекции
- дискуссии на темы лекций.

6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

6.4.1 Примеры вопросов к экзамену для оценки компетенции «ОПК-3»

1. Типы связи в кристаллах.
2. Энергетика химической связи в кристаллах.
3. Кристаллические структуры основных классов неорганических соединений (AB, AB2, AB3, ABX3 (пирохлоры), AxByOz (бронзы), A2B2O7 (перовскиты), силикаты\алюмосиликаты, цеолиты).
4. Метод описания кристаллической структуры с использованием метода координационных полиэдров
5. Метод описания кристаллической структуры с использованием метода полиэдров Вороного-Дирихле
6. Отличие изоморфизма и изотипии.
7. Эмпирические правила изоморфизма. Причины отклонений.
8. Классификация изоморфизма.
9. Термодинамика получения и существования твердых растворов.
10. Моделирование твердых тел для особых целей: аспекты дизайна материалов.
11. Полиморфизм. Классификация Бюргера.
12. Термодинамическая классификация фазовых переходов Эренфеста.
13. Классификация фазовых переходов Уббелоде: размытые и точечные фазовые переходы.
14. Кинетика фазовых переходов.

6.4.2 Примеры вопросов к экзамену для оценки компетенции «ПК-1»

1. Твердофазный синтез
2. Золь-гель синтез
3. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез
4. Химические методы (метод предшественника).
5. Методы синтеза высокого давления
6. Дуговые методы синтеза.
7. Синтез с использованием тепловыделения внутри реакционной смеси.
8. Основы количественной энергетической теории изоморфизма.
9. Феноменологическая классификация фазовых переходов Маккалафа-Уэструма.
10. Природа твердофазных реакций.
11. Реакции твердое тело-газ.
12. Реакции твердое тело-жидкость.
13. Реакции твердое тело1-твердое тело2.
14. Образование пленок на поверхности твердых тел.
15. Факторы, влияющие на реакционоспособность твердых тел.

6.4.3 Примеры вопросов к экзамену для оценки компетенции «ПК-3»

1. Практическое использование фазовых переходов.

2. Методы исследования полиморфных превращений.
3. Классификация физических методов исследования твердых тел
4. Электронный парамагнитный резонанс
5. Ядерный магнитный резонанс
6. Ядерный гамма резонанс
7. Микроволновая спектроскопия
8. Колебательная спектроскопия
9. Электронная спектроскопия
10. Спектроскопия поглощения, испускания и комбинационного рассеяния.
11. Терморентгенография

6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.
1. Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утверждённое приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 г. № 55-ОД.
2. Положение о фонде оценочных средств, утверждённое приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 г. № 247-ОД

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) основная литература

1. Петьков В.И. Избранные главы химии твердого тела: Учебно-методическое пособие. Нижний Новгород, 2014. – 90 с.
2. Физические методы исследования и их практическое применение в химическом анализе [Электронный ресурс]: издание второе, переработанное и дополненное. Учебное пособие/ Н.Г. Ярышев [и др.].— Электрон. текстовые данные.— М.: Прометей, 2015.— 196 с.Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/58227
3. Атомная физика: учебник и практикум для академического бакалавриата / В.П. Милантьев. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2017. – 415 с. – Серия: Бакалавр. Академический курс. Режим доступа: https://biblio-online.ru/viewer/B8A5CD56-861F-4E07-8688-3E1530FF86E3#page/2
4. Устынюк Ю.А. Лекции по спектроскопии ядерного магнитного резонанса. Часть 1 (вводный курс) [Электронный ресурс]/ Устынюк Ю.А.— Электрон. текстовые данные.— М.: Техносфера, 2016.— 292 с. Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/58860
5. Конюхов, В. Ю. Методы исследования материалов и процессов : учебное пособие для вузов / В. Ю. Конюхов, И. А. Гоголадзе, З. В. Мурга. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 226 с. — (Серия : Университеты России). — ISBN 978-5-534-05475-0. Режим доступа: https://www.biblio-online.ru/viewer/CBDE671E-A186-478F-ACCF-FA675182DF8A

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

http://www.cryst.ehu.es/
http://www.crystallography.net/cod/
https://www.dmoz.org//Science/Chemistry/Nuclear_Magnetic_Resonance/
http://webbook.nist.gov/chemistry/
http://nmrshiftdb.nmr.uni-koeln.de/
http://sdbs.db.aist.go.jp/sdbs/cgi-bin/direct_frame_top.cgi

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Лекционная (вместимость 20 человек) аудитория, оборудованная мультимедийным проектором, ноутбуком и выходом в сеть Интернет, а также доской и мелом (для разбора частных вопросов и детализации теоретических аспектов дисциплины, а также решения практических задач).

Лаборатория (вместимость 10 человек), оснащенная вытяжками, печами, весами для проведения лабораторных работ.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций и ОПОП ВО по направлению 03.03.02 - Физика, профиля «Физика спроектированных материалов: металлы, сплавы, керамики».

Автор: к.х.н., старший преподаватель Е.Н. Буланов

Рецензенты:
к.ф.-м.н., зав. лаб. НИФТИ ННГУ Лопатин Ю.Г.,
к.ф.-м.н., с.н.с. НИФТИ ННГУ Пирожникова О.Э.

Заведующий кафедрой: д.ф.-м.н., проф. Чувильдеев В.Н.

Программа рекомендована на заседании кафедры _____ от _____года, протокол № _____

Программа одобрена на заседании методической комиссии физического факультета от _____года, протокол № _____