

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол № 15 от 24.12.2025 г.

Рабочая программа дисциплины

Химия твердого тела

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Направление подготовки / специальность
03.03.02 - Физика

Направленность образовательной программы
Физика конденсированного состояния

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2026 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.1.09 Химия твердого тела относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-1: Способен использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	ИД ПК-1: Демонстрация способности использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	ИД ПК-1: Уметь использовать полученные знания о методах получения и свойствах твёрдых тел при изучении других профильных физических дисциплин Знать взаимосвязь между составом, строением и свойствами веществ, а также материалов на их основе Владеть теоретическим аппаратом химии твердого тела	Дискуссионное обсуждение	Экзамен: Доклад-презентация

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	5
Часов по учебному плану	180
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	64
- КСР	2
самостоятельная работа	46
Промежуточная аттестация	36 Экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	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 (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Тема 1. Методы синтез твердых тел	26	6	12	18	8
Тема 2. Структура твердых тел	18	4	8	12	6
Тема 3. Изоморфизм	18	4	8	12	6
Тема 4. Полиморфизм.	18	4	8	12	6
Тема 5. Фазовые переходы	18	4	8	12	6
Тема 6. Реакционная способность твердых тел	18	4	8	12	6
Тема 7. Методы исследования твердых тел	26	6	12	18	8
Аттестация	36				
КСР	2				2
Итого	180	32	64	98	46

Содержание разделов и тем дисциплины

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 (пироксены), 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 Бюркера. Методы исследования. Сочетание терморентгенографии и дифференциальной сканирующей калориметрии.

Тема 5. Фазовые переходы

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

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 реакционную способность тт.

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.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

Электронные курсы, созданные в системе электронного обучения ННГУ:

Химия твердого тела (ФЗФ), <https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=3510>.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Дискуссионное обсуждение) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

- Отличие изоморфизма и изотипии.
- Эмпирические правила изоморфизма. Причины отклонений.
- Классификация изоморфизма.
- Термодинамика получения и существования твердых растворов.
- Моделирование твердых тел для особых целей: аспекты дизайна материалов.
- Полиморфизм. Классификация Бюркера.
- Термодинамическая классификация фазовых переходов Эренфеста.
- Классификация фазовых переходов Уббелюде: размытые и точечные фазовые переходы.
- Кинетика фазовых переходов.
- Твердофазный синтез
- Золь-гель синтез
- Самораспространяющийся высокотемпературный синтез
- Химические методы (метод предшественника)
- Методы синтеза высокого давления
- Дуговые методы синтеза
- Синтез с использованием тепловыделения внутри реакционной смеси
- Основы количественной энергетической теории изоморфизма
- Феноменологическая классификация фазовых переходов Маккаллафа-Уэстрема
- Природа твердофазных реакций
- Реакции твердое тело-газ

- Реакции твердое тело-жидкость
- Реакции твердое тело1-твердое тело2
- Образование пленок на поверхности твердых тел
- Факторы, влияющие на реакционную способность твердых тел
- Практическое использование фазовых переходов
- Методы исследования полиморфных превращений
- Классификация физических методов исследования твердых тел
- Электронный парамагнитный резонанс
- Ядерный магнитный резонанс
- Ядерный гамма резонанс
- Микроволновая спектроскопия
- Колебательная спектроскопия
- Электронная спектроскопия
- Спектроскопия поглощения, испускания и комбинационного рассеяния
- Термодифрактография

Критерии оценивания (оценочное средство - Дискуссионное обсуждение)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Высокий уровень подготовки, безупречное владение теоретическим материалом, студент демонстрирует творческий подход к решению нестандартных ситуаций. Студент дал полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы.
отлично	Высокий уровень подготовки с незначительными ошибками. Студент дал полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы .
очень хорошо	Хорошая подготовка. Студент дал полный ответ на все теоретические вопросы билета, но допустил небольшие неточности в определениях понятий, процессов и т.п.
хорошо	В целом хорошая подготовка с заметными ошибками или недочетами. Студент дал ответ на все теоретические вопросы, но допустил неточности в определениях понятий, процессов и т.п.
удовлетворительно	Минимально достаточный уровень подготовки. Студент показал минимальный уровень теоретических знаний, сделал существенные ошибки при ответе на вопрос.
неудовлетворительно	Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Студент дал ошибочные ответы на теоретические вопросы.
плохо	Студент отказался отвечать .

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой

	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Доклад-презентация) для оценки сформированности компетенции ПК-1

1. Синтез, строение, полиморфизм ,изоморфизм и применение $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$
2. Синтез, строение, полиморфизм ,изоморфизм и применение CaTiO_3
3. Синтез, строение, полиморфизм ,изоморфизм и применение $\text{Na}_4(\text{UO}_2)(\text{CO}_3)_3$
4. Синтез, строение, полиморфизм ,изоморфизм и применение MgAl_2O_4

Критерии оценивания (оценочное средство - Доклад-презентация)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Высокий уровень подготовки, безупречное владение теоретическим материалом, студент демонстрирует творческий подход к решению нестандартных ситуаций. Студент дал полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы . 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 . 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 , 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.

Оценка	Критерии оценивания
хорошо	В целом хорошая подготовка с заметными ошибками или недочетами. Студент дал ответ на все теоретические вопросы, 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. Студент посещал практические занятия, но имеет очень низкие средний балл за текущую успеваемость и оценки за контрольные работы.
плохо	Студент отказался отвечать.

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

Основная литература:

1. Петьков В. И. Избранные главы химии твердого тела (Изоморфизм. Твердые растворы. Морфотропия. Полиморфизм) : учебно-методическое пособие / Петьков В. И. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2014. - 90 с. - Рекомендовано методической комиссией химического факультета, центром инновационных образовательных технологий (Центр «Тюнинг») ИЭП для студентов, обучающихся по направлениям подготовки 020100 «Химия», 240100 «Химическая технология», специальности 020201 «Фундаментальная и прикладная химия» и преподавателей высших учебных заведений. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Химия., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=730308&idb=0>.
2. Милантьев В. П. Атомная физика : учебник и практикум / В. П. Милантьев. - 2-е изд. ; испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2023. - 415 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-15939-4. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=843099&idb=0>.
3. Конюхов В. Ю. Методы исследования материалов и процессов : учебное пособие / В. Ю. Конюхов, И. А. Гоголадзе, З. В. Мурга. - 2-е изд. ; испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2022. - 179 с. - (Высшее образование). - URL: <https://urait.ru/bcode/508744> (дата обращения: 14.08.2022). - ISBN 978-5-534-13938-9 : 789.00. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=816381&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Фистуль Виктор Ильич. Физика и химия твердого тела : [учеб. для вузов по направлению и специальности "Материаловедение и технология новых материалов"] : в 2 т. Т. 1. - М. : Металлургия, 1995. - 480 с. : ил. - 31250.00., 1 экз.
2. Фистуль Виктор Ильич. Физика и химия твердого тела : [учеб. для вузов по направлениям и специальностям "Материаловедение и технология новых материалов"] : в 2 т. Т. 2. - М. : Металлургия, 1995. - 320 с. : ил. - 31250.00., 1 экз.
3. Урусов Вадим Сергеевич. Теоретическая кристаллохимия : [учеб. для геохим. и хим. специальностей вузов]. - М. : Изд-во МГУ, 1987. - 272, [3] с. : ил. - 0.85., 111 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

<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://sdb.db.aist.go.jp/sdb/cgi-bin/direct_frame_top.cgi

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 03.03.02 - Физика.

Автор(ы): Буланов Евгений Николаевич, доктор химических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Нохрин Алексей Владимирович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 23.12.2025, протокол № б/н.