

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 № 6 от 31.05.2023 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Химия твердого тела

---

Уровень высшего образования  
бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность  
03.04.02 - Физика

---

Направленность образовательной программы  
профиль «Физика конденсированного состояния»

---

Форма обучения  
очная

---

г. Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Химия твердого тела» относится к вариативной части Б1.В блока Б1 «Дисциплины (модули)», является элективной дисциплиной, преподается на четвертом году обучения, в седьмом семестре. Освоению дисциплины предшествует освоение дисциплин (модулей) «Химия», «Кристаллография», «Общая физика».

Целями освоения дисциплины «Химия твердого тела» являются:

1. изучение основных подходов к синтезу твердых тел, а также их реакционной способности в процессах с участием фаз разного агрегатного состояния;
2. рассмотрение классификации и основ количественной энергетической теории изоморфизма;
3. изучение классификации фазовых переходов;
4. рассмотрение современных физико-химических методов исследования твердых тел.

## 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	<i>Демонстрация способности использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин</i>	(ПК-1) Уметь использовать полученные знания о методах получения и свойствах твёрдых тел при изучении других профильных физических дисциплин;  (ПК-1) Знать взаимосвязь между составом, строением и свойствами веществ, а также материалов на их основе;  (ПК-1) Владеть теоретическим аппаратом химии твердого тела.	Индивидуальные собеседования	Вопросы к экзамену

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	5
Часов по учебному плану	180

в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	<b>50</b>
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	2
<b>самостоятельная работа</b>	<b>130</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>36</b> экзамен

### 3.2. Содержание дисциплины

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

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе				Самостоятельная работа в течение семестра, часы
		контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) в течение семестра, часы, из них				
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
<b>1. Методы синтеза твердых тел.</b> 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.	28	4	8	–	12	16
<b>2. Структура твердых тел.</b> Типы связи в кристаллах. Энергетика химической связи в кристаллах. Кристаллические структуры основных классов неорганических соединений ( $AB$ , $AB_2$ , $AB_3$ , $ABX_3$ (пироклоры), $A_xB_yO_z$ (бронзы), $A_2B_2O_7$ (перовскиты), силикаты/алюмосиликаты, цеолиты). Подходы к описанию кристаллической структуры: координационные полиэдры и полиэдры Вороного-Дирихле.	19	2	4	–	6	13
<b>3. Изоморфизм.</b> Отличие изоморфизма и изотипии. Эмпирические правила изоморфизма. Причины отклонений. Классификация изоморфизма. Термодинамика получения и существования твердых растворов. Основы количественной энергетической теории изоморфизма.	22	3	6	–	9	13
<b>4. Полиморфизм.</b> Классификация Бюргера. Методы исследования. Сочетание терморентгенографии и	22	3	6	–	9	13

дифференциальной сканирующей калориметрии.						
<b>5. Фазовые переходы.</b> Термодинамическая классификация Эренфеста. Классификация Уббелодде: размытые и точечные фазовые переходы. Кинетика фазовых переходов. Практическое использование фазовых переходов. Феноменологическая классификация Маккалафа-Уэструма.	19	2	4	–	6	13
<b>6. Реакционная способность твердых тел.</b> Природа твердофазных реакций. Реакции ТТ-газ. Реакции тт-жидкость. Реакции тт1-тт2. Образование пленок на поверхности ТТ. Факторы, влияющие на реакционную способность твердых тел.	16	1	2	–	3	13
<b>7. Методы исследования твердых тел.</b> Резонансные методы: электронный парамагнитный резонанс, ядерный магнитный резонанс, ядерный гамма резонанс. Спектральные методы: микроволновая, колебательная и электронная спектроскопии. Спектроскопия поглощения, испускания и комбинационного рассеяния.	16	1	2	–	3	13
<b>В т.ч. текущий контроль</b>	2	2				–
Промежуточная аттестация – экзамен						

#### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студента – неотъемлемая часть подготовки высококвалифицированного специалиста в соответствующей области. Ее цель – формирование у студентов способностей и навыков к непрерывному самообразованию и профессиональному совершенствованию.

Самостоятельная работа студентов подразумевает проработку лекционного и дополнительного материала, решение домашних контрольных работ с последующей проверкой навыков решения задач.

Проработка лекционного материала осуществляется еженедельно после проведения аудиторных занятий в рамках часов, отведенных студентам на самостоятельную работу. Кроме того, работа с лекционным и дополнительным материалом (рекомендованной литературой, приведенной в конце данной программы) проводится в период сессии при подготовке к экзамену по дисциплине.

Выполнение домашних работ осуществляется еженедельно или раз в две недели в соответствии с графиком изучения соответствующего лекционного материала и проведения практических занятий по соответствующей тематике.

Задачи для выполнения самостоятельных контрольных работ по каждому разделу дисциплины составляются преподавателем самостоятельно при ежегодном обновлении банка тестовых заданий. Количество вариантов зависит от числа обучающихся.

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

##### 5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Экзамен
---------

Превосходно	Превосходная подготовка с очень незначительными погрешностями. Исчерпывающее и логически строгое изложение всех разделов дисциплины. Владение материалом позволяет быстро справиться с видоизмененным заданием. Успешное решение любых типов практических заданий.
Отлично	Подготовка, уровень которой существенно выше среднего с некоторыми ошибками. Твердое знание всех разделов дисциплины. Допускаются неточности, нарушения в последовательности изложения материала. Владение необходимыми приемами и способами решения практических заданий.
Очень хорошо	Хорошая подготовка с рядом заметных недочетов. Твердое знание основных разделов дисциплины. Владение необходимыми приемами и способами решения основных типов практических заданий.
Хорошо	В целом, хорошая подготовка, но со значительными ошибками. Твердое знание основных разделов дисциплины. Владение необходимыми приемами и способами решения практических заданий.
Удовлетворительно	Подготовка, удовлетворяющая минимальным требованиям. Знания основного содержания разделов дисциплины, допускаются грубые неточности, неправильные формулировки, нарушения в последовательности изложения материала. Имеющихся знаний достаточно для освоения дисциплин последующих курсов. Допускаются значительные ошибки при выполнении практических заданий.
Неудовлетворительно	Необходима дополнительная подготовка для успешного прохождения испытания. Незнание значительной части основного содержания разделов дисциплины. Имеющихся знаний недостаточно для освоения дисциплин последующих курсов.
Плохо	Подготовка совершенно недостаточная. Отсутствуют знания большей части основного содержания разделов дисциплины. Имеющихся знаний совершенно недостаточно для освоения дисциплин последующих курсов.

## 6.2. Процедуры и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине

**Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:**

– индивидуальное собеседование (промежуточная аттестация).

**Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии:** практические контрольные задания. Типы практических контрольных заданий:

– выполнение практических заданий (текущий контроль, промежуточная аттестация).

### **Критерии ответа студента на экзамене**

*Оценка «отлично»* – Ответ полный и правильный, на основании изученной теории; материал изложен в определенной логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный и полностью выполнены индивидуальные практические задания.

*Оценка «хорошо»* – Ответ полный и правильный, на основании изученной теории; материал изложен в определенной логической последовательности при этом допущены две–три несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя и правильно; полностью выполнены индивидуальные практические задания.

*Оценка «удовлетворительно»* – Ответ полный, но при этом допущена существенная ошибка или неполный, несвязный ответ и выполнены индивидуальные практические задания.

*Оценка «неудовлетворительно»* – Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя, не выполнены индивидуальные практические задания

6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

6.3.1 Примеры практических заданий для практических занятий, самостоятельной работы обучающихся, проведения текущего контроля и промежуточной аттестации:

Темы дискуссий:

1. Сравнение классических и современных подходов к описанию кристаллической структуры
2. Современные подходы к кристаллохимическому моделированию новых материалов
3. Влияние фазовых переходов на эксплуатационные характеристики новых материалов
4. Использование явления изоморфизма для получения материалов с заданными свойствами
5. Сравнительный анализ методов синтеза твердых тел
6. Проведение твердофазных реакций на промышленных производствах
7. Гетерогенный катализ
8. Пленки и их свойства
9. Терморентгенография как метод исследования структурных деформаций
10. Ядерный гамма резонанс
11. Современные подходы к изучению свойств твердых тел

6.3.2. Вопросы для итогового контроля сформированности компетенции:

1. Типы связи в кристаллах.
2. Энергетика химической связи в кристаллах.
3. Кристаллические структуры основных классов неорганических соединений ( $AB$ ,  $AB_2$ ,  $AB_3$ ,  $ABX_3$  (пироклоры),  $A_xB_yO_z$  (бронзы),  $A_2B_2O_7$  (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.
15. Твердофазный синтез.
16. Золь-гель синтез.
17. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез.
18. Химические методы (метод предшественника).
19. Методы синтеза высокого давления.
20. Дуговые методы синтеза.
21. Синтез с использованием тепловыделения внутри реакционной смеси.
22. Основы количественной энергетической теории изоморфизма.
23. Феноменологическая классификация фазовых переходов Маккалафа-Уэструма.
24. Природа твердофазных реакций.
25. Реакции твердое тело-газ.
26. Реакции твердое тело-жидкость.
27. Реакции твердое тело1-твердое тело2.
28. Образование пленок на поверхности твердых тел.
29. Факторы, влияющие на реакционную способность твердых тел.
30. Практическое использование фазовых переходов.
31. Методы исследования полиморфных превращений.
32. Классификация физических методов исследования твердых тел.
33. Электронный парамагнитный резонанс.
34. Ядерный магнитный резонанс.
35. Ядерный гамма резонанс.
36. Микроволновая спектроскопия.
37. Колебательная спектроскопия.
38. Электронная спектроскопия.
39. Спектроскопия поглощения, испускания и комбинационного рассеяния.
40. Терморентгенография.

#### 6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания

Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утвержденное приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 №55-ОД.

Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

### 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины обусловлено наличием учебных аудиторий для проведения занятий, оборудованных специализированной мебелью, меловыми или магнитно-маркерными досками для представления учебной информации большой аудитории. Ресурс мела и маркеров для доски в учебных аудиториях регулярно возобновляется.

Учебные аудитории могут быть при необходимости оснащены демонстрационным оборудованием для сопровождения учебных занятий презентациями.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся (на базе Фундаментальной библиотеки ННГУ) оснащены компьютерной техникой с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ.

Программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.03.02 Физика.

Автор(ы):

доцент кафедры аналитической и медицинской химии химического факультета,  
к. х. н. Е.Н. Буланов.

Рецензенты(ы):

Заведующий кафедрой:

заведующий кафедрой химии твердого тела химического факультета, д. х. н.,  
профессор А.В. Князев.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 20.05.2023, протокол № б/н.