

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

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
Решением ученого совета ННГУ
протокол от
« 31 » мая 2023 г. № 6

Рабочая программа дисциплины

Физическая кристаллохимия

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

03.03.02 - Физика

Направленность образовательной программы

Физика конденсированного состояния

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород – 2023

1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Физическая кристаллохимия» относится к дисциплинам по выбору вариативной части профессионального цикла основной образовательной программы по направлению 03.03.02 «Физика», профиль подготовки «Кристаллофизика», изучается на 3 году обучения в 6 семестре.

Для усвоения данного курса необходимо освоить некоторые модули (дисциплины) в рамках образовательной программы бакалавра по направлению Физика: общая физика, химия, кристаллография.

Данный курс предоставляет возможность профессионального овладения современными проблемами, методами исследования, комплексной обработки и интерпретации экспериментального и теоретического материала в области рентгеноструктурного анализа, физики анизотропных сред, физики твердого тела. **Цели освоения дисциплины.** главной целью дисциплины «Решение задач по механике» является создание устойчивых навыков применения законов механики материальной точки и систем материальных точек, гидродинамики и механики твердого тела. Для усвоения данного курса необходимо знание основных физических законов и явлений в объеме школьного курса физики.

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

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	ПК-1. Способен использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин ОПК 1.2 Умеет использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин ОПК 1.3 Иметь навыки использования специализированных знаний в области физики для освоения профильных физических дисциплин	Знать: специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин Уметь: решать задачи деятельности на основе применения специализированных знаний в области физической кристаллохимии Владеть: навыками применения законов физической кристаллохимии для решения задач профессиональной деятельности	Контрольная работа	Экзамен: Контрольные вопросы Задания

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	4

Часов по учебному плану	72
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	36
самостоятельная работа	42
Промежуточная аттестация	экзамен

1. Структура и содержание дисциплины «Физическая кристаллохимия»

Содержание дисциплины «Физическая кристаллохимия»

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
	6 семестр очное					
1. История науки (конец XVIII - начало XX вв.). Основные задачи кристаллохимии, ее роль в решении физических проблем.	18	2	2		4	14
2. Свойства атомов, важные для кристаллохимии. Строение электронных оболочек. Орбитальные радиусы атомов и ионов. Потенциалы ионизации и сродство к электрону. Поляризуемость атомов, ионов.	17	2	2		4	13
3. Химическая связь в кристаллах. Основные типы химической связи: ионная, ковалентная, металлическая, ван-дер-ваальсова, водородная.	17	2	2		4	13
4. Конкретные кристаллические структуры. Основные термины кристаллохимии. Элементарная ячейка (ячейка Бравэ). Число формульных единиц. Молекулярные и координационные соединения. Координационное число и координационный многогранник. Принципы теории плотнейшей упаковки. Интерпретация простейших структур металлов, благородных газов и ионных кристаллов в терминах плотнейших упаковок. Изображение структурных типов с помощью полиэдров. Основные структурные типы.	29	4	4		8	21

5. Размеры атомов в кристаллах. Атомные радиусы. Ван-дер-ваальсовы радиусы. Ионные радиусы. Геометрические пределы устойчивости ионных структур. Зависимость ионных радиусов от заряда, координационного числа.	33	4	4		8	25
6. Химический состав и структура кристалла. Основные категории кристаллохимии - морфотропия, полиморфизм и изоморфизм. Закономерности морфотропии и их кристаллохимическая природа. Полиморфизм. Полиморфизм как общее свойство кристаллических веществ. История открытия полиморфизма как явления. Классификация полиморфизма. Полиморфные переходы первого и второго рода. Структурные аспекты явления полиморфизма.	29	4	4		8	21
7. Политипия. Отличие политипии от полиморфизма. Способы описания политипных структур. Изоморфизм. Изоморфизм и изоструктурность. Изодиморфизм. Классификация изоморфизма, его соотношение с твердыми растворами. Классические правила изоморфизма Гольдшмидта-Ферсмана. Изоморфизм как функция температуры и давления. Ряды Вернадского. Распад изоморфных смесей при понижении температуры и повышении давления. Изоморфизм в процессах кристаллизации. Правила "допуска" и "захвата" Гольдшмидта.	29	4	4		8	21
8. Связь физико-химических свойств кристаллов с их атомной структурой. Оптические свойства. Магнетизм. Электрические свойства. Механические свойства (твердость и ковкость). Спайность и отдельность. Зависимость физико-химических свойств кристаллов от характера химической связи и	29	4	4		8	21

энергии взаимодействия атомов. Термическая устойчивость (температуры плавления или разложения). Механическая устойчивость, упругие свойства, сжимаемость. Растворимость.						
9. Кристаллохимия органических соединений. Коллоквиум.	19	2	2		4	15
10. Кристаллохимия боратов, силикатов.	30	4	4		8	22
В т.ч.текущий контроль	2					
Промежуточная аттестация – экзамен						

2. Образовательные технологии

Занятия по дисциплине проходят в лекционной форме, далее излагаемый на лекциях теоретический материал закрепляется в ходе практических занятий. Студенты работают как индивидуально, так и коллективно.

Самостоятельная работа включает в себя выполнение домашних заданий и теоретическую подготовку к занятиям и коллоквиуму по материалам лекций и рекомендованной литературе, приведенной в конце данной программы.

Формой итогового контроля знаний студентов по дисциплине является экзамен, в ходе которого оценивается уровень теоретических знаний и навыки решения практических задач.

3. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа студента – неотъемлемая часть подготовки высококвалифицированного специалиста в соответствующей области. Её цель сформировать у студентов способности и навыки к непрерывному самообразованию и профессиональному совершенствованию.

Самостоятельная работа студентов предусматривает выполнение домашних заданий, изучение материала лекций, прочтение рекомендованной литературы, подготовку к коллоквиуму.

Проработка лекционного материала осуществляется еженедельно после проведения аудиторных занятий в рамках часов, отведённых студентам на самостоятельную работу. Кроме того, работа с лекционным и дополнительным материалом проводится в период сессии при подготовке к экзамену по дисциплине.

4. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (в приложении)

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

ОПК-3 Способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач

Индикаторы компетенции	ОЦЕНКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
<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, без ошибок.	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 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 владения материалом . Невозможность оценить наличие навыков	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми	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

	вследствие отказа обучающегося от ответа	грубые ошибки.	недочетами				
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%

ПК-1 способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин

Индикаторы компетенции	ОЦЕНКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
<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 незначительных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	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 незначительными 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 владения материалом . 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 оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%

ПК-4 способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин

Индикаторы компетенции	ОЦЕНКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
<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, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений . Невозможность	При решении стандартных задач не	Продemonстрированы основные умения.	Продemonстрированы все основные умения.	Продemonстрированы все основные умения.	Продemonстрированы все основные умения, реше	Продemonстрированы все основные умения,.

	ость оценить наличие умений вследствие отказа обучающег ося от ответа	продемонст рированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме.	Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Решены все основные задачи . Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	ны все основные задачи с отдельными несущественн ымнедочетам и, выполнены все задания в полном объеме.	Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном Объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом . Невозможн ость оценить наличие навыков вследствие отказа обучающег ося от ответа	При решении стандартны х задач не продемонст рированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минималън ый набор навыков для решения стандартны х задач с некоторыми недочетами	Продемонстр ированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстр ированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстр ированы навыки при решении нестандартны х задач без ошибок и недочетов.	Продемонстри рован творческий подход к решению нестандартных задач
Шкала оценок по проценту правильн о выполнен ных контроль ных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%

Описание шкал оценивания

Критерии оценок экзамена:

Оценка *отлично* – исчерпывающее владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, твёрдое знание основных положений дисциплины, умение применять концептуальный аппарат при анализе актуальных проблем. Логически последовательные, содержательные, конкретные ответы на все вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, свободное владение источниками. Практическая часть курса успешно выполнена.

Оценка *хорошо* – достаточно полные знания программного материала, правильное понимание сути вопросов, знание определений, умение формулировать тезисы и аргументы. Ответы последовательные и в целом правильные, хотя допускаются неточности, поверхностное знакомство с отдельными теориями и фактами, достаточно формальное отношение к рекомендованным для подготовки материалам. Практическая часть курса успешно выполнена.

Оценка *удовлетворительно* – фрагментарные знания, расплывчатые представления о предмете. Ответ содержит как правильные утверждения, так и ошибки, возможно, грубые. Испытуемый

плохо ориентируется в учебном материале, не может устранить неточности в своем ответе даже после наводящих вопросов. Практическая часть курса успешно выполнена.

Оценка *неудовлетворительно* – отсутствие ответа хотя бы на один из основных вопросов, либо грубые ошибки в ответах, полное непонимание смысла проблем, не достаточно полное владение терминологией. Практическая часть курса не выполнена или выполнена не в полном объеме.

Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине

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

- индивидуальное собеседование,
- письменные ответы на вопросы.
- т.п.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии:

- практические контрольные задания

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и методические материалы, определяющие процедуры оценивания приведены в приложении

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Физическая кристаллохимия»

Основная литература:

1. Чупрунов Е.В., Хохлов А.Ф., Фаддеев М.А. Основы кристаллографии. М., Физматлит, 2004

URL <http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=59410&DB=1> (20 экз)

2. Г.Б.Бокий. Кристаллохимия, М., Наука, 1971

URL <http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=405382&DB=1> (20 экз)

3. Задачи по кристаллографии. Под ред. Чупрунова Е.В., Хохлова А.Ф. М., Физматлит, 2003

URL <http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=59115&DB=1> (195 экз)

Дополнительная литература:

1. А.И.Китайгородский. Молекулярные кристаллы, М., Наука, 1971 г., гл. 1 и 2

URL <http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=100072&DB=1> (5 экз)

Чупрунов Е.В., Хохлов А.Ф., Фаддеев М.А. Основы кристаллографии. М., Физматлит, 2004

URL <http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=59410&DB=1>

2. Г.Б.Бокий. Кристаллохимия, М., Наука, 1971

URL <http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=405382&DB=1>

3. Задачи по кристаллографии. Под ред. Чупрунова Е.В., Хохлова А.Ф. М., Физматлит, 2003

URL <http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=59115&DB=1>

Дополнительная литература:

1. А.И.Китайгородский. Молекулярные кристаллы, М., Наука, 1971 г., гл. 1 и 2

URL <http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=100072&DB=1>

6. Материально-техническое обеспечение дисциплины «Физическая кристаллохимия»

Для проведения лекций требуется типовое оборудование лекционной аудитории (ауд.226). Для выполнения самостоятельной работы студенты имеют возможность работать в компьютерных классах с соответствующим лицензионным программным обеспечением и выходом в Интернет.

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

Автор: доцент кафедры КЭФ, к.ф.-м.н. Каткова М.Р.

Рецензент (ы) _____

Заведующий кафедрой _____

Программа рекомендована на заседании кафедры КрЭФ от _____ года, протокол № _____

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