

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский
 государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)

Физический факультет

Кафедра физических методов исследования твердого тела

Согласовано, декан ФФ

Бондарь А.Е.



подпись
 «07» 10

2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ
«Кристаллография, физика кристаллов»
 направление подготовки: 03.06.01 Физика и астрономия

Курс 3, семестры 5-6

профиль

Кристаллография, физика кристаллов

Форма обучения: очная

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)					Промежуточная аттестация (в период сессии) (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем				Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Индивидуальная работа с преподавателем			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Кандидатский экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5-6	360	56	28		48	188	32	2	4		2
Всего 360 часов /10 зачетных единиц из них: - контактная работа 140 часов - в интерактивных формах 76 часов											
Компетенции: УК-1, УК-5, ОПК-1, ПК-1, ПК-2											

Заведующий кафедрой ФМИТТ ФФ

д.ф.-м.н., профессор С.В. Цыбуля

Ответственный за образовательную программу:

д.ф.-м. н., проф. С.В. Цыбуля

Новосибирск, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация к рабочей программе модуля «Кристаллография, физика кристаллов»	3
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ Основные разделы кристаллографии и физики кристаллов	5
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ Дифракционные методы исследования структуры кристаллов	19
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ Структура и свойства реальных кристаллов.	33
КАНДИДАТСКИЙ ЭКЗАМЕН Модуль «Кристаллография, физика кристаллов».....	46

Аннотация
к рабочей программе модуля «**Кристаллография, физика кристаллов**»
Направление: **03.06.01 Физика и астрономия**
Направленность (профиль): **Кристаллография, физика кристаллов**

Рабочая программа по модулю «Кристаллография, физика кристаллов» составлена в соответствии с требованиями СУОС по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия (уровень подготовки кадров высшей квалификации) и предназначена для аспирантов, обучающихся по профилю «Кристаллография, физика кристаллов». Модуль включает в себя рабочие программы дисциплин «Основные разделы кристаллографии и физики кристаллов», «Дифракционные методы исследования структуры кристаллов» и «Структура и свойства реальных кристаллов» направленные на подготовку к сдаче кандидатского экзамена по профилю «Кристаллография, физика кристаллов», а также порядок подготовки к сдаче и проведения кандидатского экзамена по профилю «Кристаллография, физика кристаллов».

Основная цель входящих в состав модуля дисциплин познакомить аспирантов с основами и последними научными достижениями в области кристаллографии и физики кристаллов, закрепить практические навыки, полученные в ходе обучения в бакалавриате и магистратуре, а также в процессе освоения учебной программы аспирантуры.

Модуль направлен на формирование у обучающегося универсальных компетенций УК-1 и УК-5, а также общепрофессиональной компетенции ОПК-1 и профессиональных компетенций ПК-1, ПК-2.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Знания:

УК-1.1. Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности.

УК-5.1. Знать возможные направления профессиональной самореализации, владеть приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач.

ОПК-1.1. Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности – кристаллографии и физике кристаллов.

ПК-1.1. Знать теоретические основы, базовые понятия и способы построения теоретических моделей физических явлений и процессов, в части построения моделей структуры кристаллов и некристаллических объектов, методов расчета и интерпретации дифракционных картин.

ПК-2.1. Знать физические основы методов структурного анализа: рентгено-, электроно- и нейтронографии, электронной микроскопии.

Умения:

УК-1.2. Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования.

УК-5.2. Уметь выявлять и формулировать проблемы собственного профессионального развития, владеть приемами осознания собственных достижений с целью их совершенствования.

ОПК-1.2. Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования.

ПК-1.2. Уметь связать физические свойства кристаллов с их атомной структурой.

ПК-2.2. Уметь определять и применять современные методы структурного анализа в зависимости от специфики объекта исследования.

Навыки:

УК-5.3. Обладать знаниями, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования.

ОПК-1.3. Владеть способностью составлять и представлять научные обзоры, доклады.

Модуль «Кристаллография, физика кристаллов» реализуется с пятого по шестой семестры включительно (третий курс аспирантуры).

Преподавание дисциплин предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции и практические занятия, доклады обучающихся по тематике, связанной с выполнением их научной работы, самостоятельная подготовка обучающихся.

Текущий контроль обеспечивается контролем посещения занятий, опросом по самостоятельно изучаемым темам и представлением докладов.

Промежуточная аттестация по дисциплинам – зачет, по всему модулю – кандидатский экзамен.

Общая трудоемкость рабочей программы модуля составляет **360** академических часов / **10** зачетных единиц, в том числе:

1. Основные разделы кристаллографии и физики кристаллов - 180 часов/5 зачетных единиц.

2.1 Дифракционные методы исследования структуры кристаллов - 144 часа/4 зачетных единицы.

2.2 Структура и свойства реальных кристаллов - 144 часа/4 зачетных единицы.

3. Кандидатский экзамен – 36 часов/1 зачетная единица.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский
государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)

Физический факультет

Кафедра физических методов исследования твердого тела

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Основные разделы кристаллографии и физики кристаллов

направление подготовки: 03.06.01 Физика и астрономия

Курс 3, семестр 5

профиль

Кристаллография, физика кристаллов

Форма обучения: **очная**

Заведующий кафедрой ФМИТТ ФФ
д.ф.-м.н., проф. С.В. Цыбуля



Новосибирск 2020

Содержание

Аннотация к рабочей программе дисциплины «Основные разделы кристаллографии и физики кристаллов»»	7
1.Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	9
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы	10
3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося	10
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.....	11
5. Перечень учебной литературы	13
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся	13
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	13
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	14
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	14
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.....	15

Аннотация
к рабочей программе дисциплины
«Основные разделы кристаллографии и физики кристаллов»
Направление: **03.06.01 Физика и астрономия**
Направленность (профиль): **Кристаллография, физика кристаллов**

Дисциплина «Основные разделы кристаллографии и физики кристаллов» реализуется в рамках образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 03.06.01 «Физика и астрономия» профиль подготовки «Кристаллография, физика кристаллов» по очной форме обучения на русском языке. Дисциплина «Основные разделы кристаллографии и физики кристаллов» развивает знания, умения и навыки, сформированные у обучающихся по результатам общей базовой подготовки в рамках программ бакалавриата и магистратуры, и не требует знаний по другим дисциплинам подготовки для аспирантов. Дисциплина «Основные разделы кристаллографии и физики кристаллов» реализуется в пятом семестре в рамках вариативной части дисциплин (модулей) в составе модуля «Кристаллография, физика кристаллов» в качестве обязательной дисциплины и является базовой для осуществления научно-исследовательской деятельности и подготовки научно-квалификационной работы (диссертации).

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Знания:

УК-1.1. Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности.

УК-5.1. Знать возможные направления профессиональной самореализации, владеть приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач.

ОПК-1.1. Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности – кристаллографии и физике кристаллов.

ПК-1.1. Знать теоретические основы, базовые понятия и способы построения теоретических моделей физических явлений и процессов, в части построения моделей структуры кристаллов и некристаллических объектов, методов расчета и интерпретации дифракционных картин.

ПК-2.1. Знать физические основы методов структурного анализа: рентгено-, электроно- и нейтронографии, электронной микроскопии.

Умения:

УК-1.2. Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования.

УК-5.2. Уметь выявлять и формулировать проблемы собственного профессионального развития, владеть приемами осознания собственных достижений с целью их совершенствования.

ОПК-1.2. Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования.

ПК-1.2. Уметь связать физические свойства кристаллов с их атомной структурой.

ПК-2.2. Уметь определять и применять современные методы структурного анализа в зависимости от специфики объекта исследования.

Навыки:

УК-5.3. Обладать знаниями, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования.

ОПК-1.3. Владеть способностью составлять и представлять научные обзоры, доклады.

Дисциплина имеет своей целью дать обучающимся базовые знания по основным разделам кристаллографии и физики кристаллов, подготовить аспирантов к сдаче кандидатского экзамена по специальности.

Перечень основных разделов дисциплины:

Основные понятия кристаллографии. Точечные группы симметрии кристаллов. Пространственные группы симметрии кристаллических структур. Обратное пространство. Симметрия обратного пространства. Принцип Кюри-Неймана. Связь симметрии кристаллической структуры и физических свойств кристалла. Методы структурных исследования (рентгеновская дифракция, нейтронография, дифракция электронов). Основные понятия кристаллохимии. Объекты структурного анализа в физике и химии твердого тела. Реальная структура кристаллов. Дефекты кристаллической структуры. Низкоразмерные системы, наноструктуры.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекционные занятия, практические занятия, доклады обучающихся по тематике, связанной с выполнением их научной работы, индивидуальная работа с преподавателем/консультации в период занятий. самостоятельная подготовка обучающихся, зачет.

Общий объем дисциплины – 5 зачетных единицы (180 часов).

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код	Компетенции, формируемые в рамках дисциплины
УК-1. Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	
УК-1.1	Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности.
УК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования.
УК-5 Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития	
УК-5.1	Знать возможные направления профессиональной самореализации, владеть приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач
УК-5.2	Уметь выявлять и формулировать проблемы собственного профессионального развития, владеть приемами осознания собственных достижений с целью их совершенствования.
УК-5.3	Обладать знаниями, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования.
ОПК-1. Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	
ОПК-1.1	Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности – кристаллографии и физике кристаллов.
ОПК-1.2	Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования.
ОПК-1.3.	Владеть способностью составлять и представлять научные обзоры, доклады.
ПК-1. Способность построения теоретических моделей физических явлений и процессов в области физики	
ПК-1.1	Знать теоретические основы, базовые понятия и способы построения теоретических моделей физических явлений и процессов, в части построения моделей структуры кристаллов и некристаллических объектов, методов расчета и интерпретации дифракционных картин.
ПК-1.2	Уметь связать физические свойства кристаллов с их атомной структурой.
ПК-2. Способность к решению научных и практических задач в области физики	
ПК-2.1	Знать физические основы методов структурного анализа: рентгено-, электроно- и нейтронографии, электронной микроскопии
ПК-2.2	Уметь определять и применять современные методы структурного анализа в зависимости от специфики объекта исследования

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Основные разделы кристаллографии и физики кристаллов» реализуется в рамках образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 03.06.01 «Физика и астрономия» профиль подготовки «Кристаллография, физика кристаллов» по очной форме обучения на русском языке. Дисциплина «Основные разделы кристаллографии и физики кристаллов» развивает знания, умения и навыки, сформированные у обучающихся по результатам общей базовой подготовки в рамках программ бакалавриата и магистратуры и не требует знаний по другим дисциплинам подготовки для аспирантов.

Дисциплина имеет своей целью дать обучающимся базовые знания по основным разделам кристаллографии и физики кристаллов: о теории симметрии, об атомной структуре, электронных свойствах и основных физических явлениях в твердотельных структурах, подготовить аспирантов к сдаче кандидатского экзамена по специальности. Дисциплина «Основные разделы кристаллографии и физики кристаллов» выступает как важный фактор формирования у аспиранта целостного научного мировоззрения в отношении закономерностей строения и свойств кристаллов и других объектов структурного анализа.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекционные занятия, практические занятия, доклады обучающихся по тематике, связанной с выполнением их научной работы, индивидуальная работа с преподавателем/консультации в период занятий. самостоятельная подготовка обучающихся, зачет.

Общий объем дисциплины – 5 зачетных единиц (180 часов).

Для освоения дисциплины «Основные разделы кристаллографии и физики кристаллов» аспирант должен обладать базовыми знаниями по теории групп, электродинамике, физике конденсированного состояния вещества.

Дисциплины (практики), для изучения которых необходимо освоение дисциплины «Основные разделы кристаллографии и физики кристаллов»:

Кандидатский экзамен по модулю «Кристаллография, физика кристаллов».

3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)					Промежуточная аттестация (в часах)					
		Контактная работа обучающихся с преподавателем					Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем				
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Индивидуальная работа с преподавателем/консультации в период занятий	Самостоятельная работа, не включая период сессии		Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Кандидатский экзамен	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
5	180	32	16		26	104			2			
Всего 180 часов /5 зачетных единиц												
из них: - контактная работа 76 часов; - в интерактивных формах 42 часа												
Компетенции: УК-1, УК-5, ОПК-1, ПК-1, ПК-2												

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Консультации перед экзаменом (в часах)	Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы			Сам. работа во время занятий (не включая период сессии)	Сам. работа во время промежуточной аттестации		
				Лекции	Практические занятия	Индивидуальная работа с преподавателем /Консультации в период занятий				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.	Основные понятия кристаллографии.	1	12	2	2		8			
2.	Точечные группы симметрии кристаллов	2-3	12	2	2		8			
3.	Пространственные группы симметрии кристаллических структур	4-5	12	2	2		8			
4.	Обратное пространство. Симметрия обратного пространства.	6-7	12	2	2		8			
5.	Принцип Кюри-Неймана. Связь симметрии кристаллической структуры и физических свойств кристалла	8-9	12	2	2		8			
6.	Методы структурных исследования (рентгеновская дифракция, нейтронография, дифракция электронов)	10-11	12	2	2		8			
7.	Основные понятия кристаллохимии	12-13	12	2	2		8			
8.	Объекты структурного анализа в физике и химии твердого тела.	14	12	2	2		8			
9.	Реальная структура кристаллов. Дефекты кристаллической структуры.	15	12	2	1		8			

10.	Низкоразмерные системы, наноструктуры	16	12	2	1		8			
11.	Научные доклады обучающихся по тематикам их научных исследований	1-16	62	12		26	24			
12.	Зачет	17	2							2
13.	Всего по семестру		180	32	16	26	104			2

Лекционные и практические занятия проводятся в интерактивной форме, подразумевающей со стороны преподавателя постановку проблемы по указанным темам, формулировку некоторых практических заданий и задач, подходы к решению которых должны найти обучающиеся в ходе занятия. Практикуется обсуждение проблемных вопросов, в том числе, с элементами свободной дискуссии с участием обучающихся и преподавателя. На лекционных занятиях также заслушиваются доклады обучающихся по заданным темам, сопровождающиеся уточняющими вопросами со стороны преподавателя и других обучающихся.

Содержание дисциплины: темы лекционных занятий приведены в таблице.

Темы практических занятий:

1. Элементы симметрии и операции симметрии.

Элементы симметрии и операции симметрии. Операции симметрии 1-го и 2-го рода. Матричные представления операций симметрии. Преобразования системы координат и координаты симметрично связанных точек (решение задач). Операторы симметрии: симметрическое преобразование относительно оси, не проходящей через начало координат

2. Сочетания элементов симметрии. Теорема Эйлера.

Сочетания элементов симметрии (решение задач): пересечение двух плоскостей, пересечение оси четного порядка и плоскости, ось и проходящая вдоль нее плоскость, пересечение двух осей (теорема Эйлера).

3. Пространственные группы симметрии. Системы обозначений.

Интернациональные таблицы пространственных групп. Чертежи пространственных групп. Вывод операторов симметрии и построение чертежа по символу пространственной группы в Интернациональной системе. Определение кратности общих и частных позиций.

4. Геометрия кристаллической решетки и обратного пространства. Правила погасания.

Геометрия кристаллической решетки и обратного пространства. Вывод квадратичных форм для любой сингонии. Правила погасания дифракционных отражений. Вывод правил погасания для центрированных ячеек, для винтовых осей, для плоскостей скользящего отражения. Индексирование рентгенограмм (пример кубической сингонии).

5. Теоретический расчет дифракционной картины поликристаллического образца.

Полный алгоритм расчета порошковой дифракционной картины для модели идеального порошка.

6. Основные понятия кристаллохимии.

Полиморфизм. Изоморфизм. Различные кристаллохимические способы описания структур (плотнейшие упаковки, способ полиэдрического описания структур и т.д.).

Индивидуальная работа с преподавателем

Перечень работ	Объем, час
Обсуждение плана доклада по избранной теме, рекомендации преподавателя относительно литературных источников, которые можно использовать при подготовке доклада, индивидуальные консультации по ходу подготовки доклада.	12
Обсуждение задач, стоящих перед аспирантом в рамках его научно-исследовательской работы, и возможных способов их решения с привлечением методов структурного анализа.	14

Самостоятельная работа обучающихся

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Самостоятельная подготовка к лекционным и практическим занятиям с использованием учебной литературы. Подготовка доклада по избранной теме. Поиск литературных источников, работа с научным текстом, анализ литературных данных.	104

5. Перечень учебной литературы

5.1 Основная литература

- 1 Чупрунов Е.В. Основы кристаллографии: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по физическим и химическим специальностям / Е. В. Чупрунов, А. Ф. Хохлов, М. А. Фаддеев. Москва: Физматлит, 2006. 412 с.
2. Сиротин. Ю.И. Основы кристаллофизики: [учебное пособие для физических специальностей вузов] / Ю. И. Сиротин, М. П. Шаскольская. Изд. 2-е, перераб. Москва: Наука, 1979-639 с.
3. Порай-Кошиц М.А. Основы структурного анализа химических соединений: [учеб. пособие для хим. спец. ун-тов] / М. А. Порай-Кошиц 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Высшая школа, 1989-191.

5.2 Дополнительная литература

4. Цыбуля С.В., Черепанова С.В. Введение в структурный анализ нанокристаллов: учебное пособие: [для магистрантов Физ. фак. НГУ] / С.В. Цыбуля, С.В. Черепанова; Федер. агентство по образованию, Новосиб. гос. ун-т, Физ. фак., Каф. физ. методов исследования твердого тела. Новосибирск: Новосибирский государственный университет, 2009-87 с.

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся

Обучающийся в аспирантуре должен уметь самостоятельно осуществлять научный поиск литературы, необходимой при подготовке доклада по избранной теме. Обучающиеся полностью обеспечены необходимой научной литературой за счет фондов библиотеки НГУ (<http://libra.nsu.ru/>). Обучающимся, проходящим практику в Институтах СО РАН, предоставляется доступ к информационным ресурсам на тех же основаниях, что и научным сотрудникам этих институтов на основании договоров о прохождении практической подготовки.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Освоение дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);

- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

Взаимодействие обучающегося с преподавателем (синхронное и (или) асинхронное) осуществляется через личный кабинет студента в ЭИОС.

7.1 Современные профессиональные базы данных:

1. Полнотекстовые журналы Springer Journals за 1997-2020 г., электронные книги (2005-2020 гг.), коллекция научных биомедицинских и биологических протоколов SpringerProtocols, коллекция научных материалов в области физических наук и инжиниринга SpringerMaterials, реферативная БД по чистой и прикладной математике zbMATH.

2. Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки (ЭБД РГБ).

3. Полнотекстовые электронные ресурсы Freedom Collection издательства Elsevier (Нидерланды) (23 предметные коллекции).

4. Электронные ресурсы Web of Science Core Collection (Thomson Reuters Scientific LLC.), Journal Citation Reports + ESI.

5. Электронные БД JSTOR (США). 15 предметных коллекций: Arts & Sciences I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, Life Sciences, Health & General Science, Mathematics & Statistics, Ecology & Botany, Language & Literature, Business I, II).

6. БД Scopus (Elsevier).

7.2. Информационные справочные системы

Не используются

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации;

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

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

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине и индикаторов их достижения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы по дисциплине представлен в разделе 1.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль успеваемости:

Текущий контроль включает контроль посещаемости обучающимися еженедельных занятий, оценку их активности в ходе дискуссий и представления доклада по выбранной теме. Текущий контроль успеваемости учитывается в рамках промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация:

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится по итогам завершения программы дисциплины в виде зачета, по результатам которого выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено». Оценка «зачтено» может быть выставлена по результатам текущего контроля, если в ходе представления самостоятельно подготовленного доклада и ответов на вопросы обучающийся продемонстрировал уровень сформированности компетенций не ниже порогового. Оценка «зачтено» является положительным результатом прохождения промежуточной аттестации. На зачете для дополнительной проверки сформированности отдельных компетенций обучающемуся могут быть заданы вопросы по пройденному материалу.

Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине Основные разделы кристаллографии и физики кристаллов

Таблица 10.1

Код компетенции	Результат обучения по дисциплине	Оценочное средство
УК-1. Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях		Работа на практических занятиях Представление доклада Зачет
УК-1.1	Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности.	
УК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования.	
УК-5 Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития		Работа на практических занятиях Представление доклада Зачет
УК-5.1	Знать возможные направления профессиональной самореализации, владеть приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач.	

УК-5.2	Уметь выявлять и формулировать проблемы собственного профессионального развития, владеть приемами осознания собственных достижений с целью их совершенствования.	
УК-5.3	Обладать знаниями, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования.	
ОПК-1. Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий		Работа на практических занятиях Представлен ие доклада Зачет
ОПК-1.1	Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности – кристаллографии и физике кристаллов.	
ОПК-1.2	Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования.	
ОПК-1.3.	Владеть способностью составлять и представлять научные обзоры, доклады.	
ПК-1. Способность построения теоретических моделей физических явлений и процессов в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.		Работа на практических занятиях Представлен ие доклада Зачет
ПК-1.1	Знать теоретические основы, базовые понятия и способы построения теоретических моделей физических явлений и процессов, в части построения моделей структуры кристаллов и некристаллических объектов, методов расчета и интерпретации дифракционных картин.	
ПК-1.2	Уметь связать физические свойства кристаллов с их атомной структурой.	
ПК-2. Способность к решению научных и практических задач в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.		Работа на практических занятиях Представлен ие доклада Зачет
ПК-2.1	Знать физические основы методов структурного анализа: рентгено-, электроно- и нейтронографии, электронной микроскопии	
ПК-2.2	Уметь определять и применять современные методы структурного анализа в зависимости от специфики объекта исследования	

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (не зачтено)	Пороговый уровень (зачтено)	Базовый уровень (зачтено)	Продвинутый уровень (зачтено)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	УК 1.1 УК 5.1 ОПК 1.1 ПК 1.1	Уровень знаний ниже минимальных требований.	Минимально допустимый уровень	Уровень знаний соответствует программе	Уровень знаний соответствует

	ПК 2.1	Имеют место грубые ошибки.	знаний. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.
Наличие умений	УК 1.2 УК 5.2 ОПК 1.2 ПК 1.2 ПК 2.2.	Отсутствие минимальных умений. Имеют место грубые ошибки.	Продемонстрированы частично основные умения. Допущены негрубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения без недочетов и ошибок.
Наличие навыков (владение опытом)	УК 5.3 ОПК-1.3	Отсутствие навыков, предусмотренных заявленными компетенциями. Отсутствие навыков научного поиска литературы, подготовки обзоров и докладов.	Имеется минимальный набор навыков. Обзор литературных данных не является полным либо присутствуют ошибки в анализе данных. Имеются недостатки в представлении доклада.	Имеется базовый набор навыков. Качественный обзор литературных данных с незначительными недостатками анализа. Качественная подготовка и представление доклада с незначительными затруднениями при ответах на вопросы.	Имеются базовые навыки, предусмотренные заявленными компетенциями. Представлен глубокий аналитический обзор, демонстрирующий наличие профессиональных знаний у аспиранта

Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Примерные темы докладов по дисциплине
«Основные разделы кристаллографии и физики кристаллов»

1. Симметрия в науке и искусстве.
2. Черно-белая и цветная симметрия.
3. Симметрия модулированных структур.

4. Кристаллохимические особенности строения конкретных объектов (на материале научной работы аспиранта).
5. Полиморфизм углеродных материалов (оксидов, сульфидов, карбидов и т.д. в зависимости от специфики научной работы аспиранта).
6. Физические и химические свойства твердых тел в связи с их атомной структурой (на материале научной работы аспиранта).
7. Сопоставительные возможности дифракционных методов – рентгенографии, нейтронографии, дифракции электронов, в установлении атомной структуры кристаллов.
8. Модели, алгоритмы и методы исследования объектов с различной степенью порядка.
9. Наноструктуры как специфические объекты структурного анализа.
10. Физические свойства (механические, электрические, оптические) и симметрия кристаллов.

Примерный список вопросов, выносимых на зачет по дисциплине
«Основные разделы кристаллографии и физики кристаллов»

1. Основные понятия кристаллографии: операции и элементы симметрии, кристаллическая решетка, закрытые и открытые элементы симметрии.
2. Кристаллические классы и сингонии. Кристаллографический принцип отнесения кристаллических классов к сингониям. Ячейки Бравэ.
3. Связь симметрии кристаллической структуры и физических свойств кристалла.
4. Сопоставительные возможности дифракционных методов – рентгенографии, нейтронографии, дифракции электронов, в установлении атомной структуры кристаллов.
5. Кристаллы, квазикристаллы, паракристаллы, нанокристаллы, модулированные структуры – специфика строения этих объектов, особенности структурного анализа.

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский
государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)

Физический факультет

Кафедра физических методов исследования твердого тела

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дифракционные методы исследования структуры кристаллов

направление подготовки: 03.06.01 Физика и астрономия

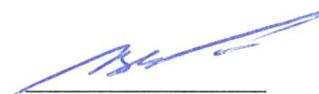
Курс 3, семестр 6

профиль

Кристаллография, физика кристаллов

Форма обучения: **очная**

Заведующий кафедрой ФМИТТ ФФ
д.ф.-м.н., профессор С.В. Цыбуля



Новосибирск 2020

Содержание

Аннотация к рабочей программе дисциплины «Дифракционные методы исследования структуры кристаллов»	21
Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	21
1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	23
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы	23
3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося	24
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий	25
5. Перечень учебной литературы	27
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся	27
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	27
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	28
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	28
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине	28

Аннотация
к рабочей программе дисциплины
«Дифракционные методы исследования структуры кристаллов»
Направление: **03.06.01 Физика и астрономия**
Направленность (профиль): **Кристаллография, физика кристаллов**

Дисциплина «Дифракционные методы исследования структуры кристаллов» реализуется в рамках образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 03.06.01 «Физика и астрономия» профиль подготовки «Кристаллография, физика кристаллов» по очной форме обучения на русском языке. Дисциплина «Дифракционные методы исследования структуры кристаллов» развивает знания, умения и навыки, сформированные у обучающихся по результатам общей базовой подготовки в рамках программ бакалавриата и магистратуры, и не требует знаний по другим дисциплинам подготовки для аспирантов. Курс входит в набор вариативных дисциплин, направленных на подготовку к сдаче экзаменов кандидатского минимума и подготовки научно-квалификационной работы (диссертации), для аспирантов, обучающихся по профилю подготовки «Кристаллография, физика кристаллов».

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Знания:

УК-1.1. Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности.

ОПК-1.1. Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности – кристаллографии и физике кристаллов.

ПК-1.1. Знать теоретические основы, базовые понятия и способы построения теоретических моделей физических явлений и процессов, в части построения моделей структуры кристаллов и некристаллических объектов, методов расчета и интерпретации дифракционных картин.

ПК-2.1. Знать физические основы методов структурного анализа: рентгено-, электроно- и нейтронографии, электронной микроскопии.

Умения:

УК-1.2. Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования.

ОПК-1.2. Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования.

ПК-1.2. Уметь связать физические свойства кристаллов с их атомной структурой.

ПК-2.2. Уметь определять и применять современные методы структурного анализа в зависимости от специфики объекта исследования.

Навыки:

УК-5.3. Обладать знаниями, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования.

ОПК-1.3. Владеть способностью составлять и представлять научные обзоры, доклады.

Дисциплина имеет своей целью овладение основными понятиями, теоретическими моделями, методами и базовыми экспериментальными результатами в области рентгеноструктурного анализа моно-, поли- и нанокристаллов. Дисциплина предназначена для аспирантов, область будущей профессиональной деятельности которых включает научные исследования, метрологию и инженерно-технологическую деятельность с дифракционными методами исследования атомной структуры твердых тел.

Перечень основных разделов дисциплины:

Основы кинематической теории рассеяния рентгеновских лучей; техника рентгеновского дифракционного эксперимента; основы рентгеноструктурного анализа; основные методы определения атомной структуры неизвестных соединений по монокристалльным данным; рентгенофазовый анализ; методы уточнения кристаллических структур по порошковым дифракционным данным; дифракция на ультрадисперсных (нанокристаллических) объектах, на частично разупорядоченных структурах, на наноструктурах различного типа.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекционные занятия, практические занятия, доклады обучающихся по тематике, связанной с выполнением их научной работы, индивидуальная работа с преподавателем/консультации в период занятий. самостоятельная подготовка обучающихся, зачет.

Общий объем дисциплины – 4 зачетных единицы (144 часа).

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код компетенции, формируемые в рамках дисциплины

УК-1. Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.

УК-1.1 Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности.

УК-1.2 Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования.

УК-5 Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития.

УК-5.3. Обладать знаниями, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования.

ОПК-1. Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий.

ОПК-1.1 Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности – кристаллографии и физике кристаллов.

ОПК-1.2 Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования.

ОПК-1.3. Владеть способностью составлять и представлять научные обзоры, доклады.

ПК-1. Способность построения теоретических моделей физических явлений и процессов в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.

ПК-1.1 Знать теоретические основы, базовые понятия и способы построения теоретических моделей физических явлений и процессов, в части построения моделей структуры кристаллов и некристаллических объектов, методов расчета и интерпретации дифракционных картин.

ПК-1.2 Уметь связать физические свойства кристаллов с их атомной структурой.

ПК-2. Способность к решению научных и практических задач в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.

ПК-2.1 Знать физические основы методов структурного анализа: рентгено-, электроно- и нейтронографии, электронной микроскопии

ПК-2.2 Уметь определять и применять современные методы структурного анализа в зависимости от специфики объекта исследования

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Дифракционные методы исследования структуры кристаллов» реализуется в рамках образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 03.06.01 «Физика и астрономия» профиль подготовки «Кристаллография, физика кристаллов» по очной форме обучения на русском языке. Дисциплина «Дифракционные методы исследования структуры кристаллов» развивает знания, умения и навыки, сформированные у обучающихся по

результатам общей базовой подготовки в рамках программ бакалавриата и магистратуры, и не требует знаний по другим дисциплинам подготовки для аспирантов. Курс входит в набор вариативных дисциплин, направленных на подготовку к сдаче экзаменов кандидатского минимума и подготовки научно-квалификационной работы (диссертации), для аспирантов, обучающихся по профилю подготовки «Кристаллография, физика кристаллов».

Дисциплина имеет своей целью овладение основными понятиями, теоретическими моделями, методами и базовыми экспериментальными результатами в области рентгеноструктурного анализа моно-, поли- и нанокристаллов. Дисциплина предназначена для аспирантов, область будущей профессиональной деятельности которых включает научные исследования, метрологию и инженерно-технологическую деятельность с дифракционными методами исследования атомной структуры твердых тел.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекционные занятия, практические занятия, доклады обучающихся по тематике, связанной с выполнением их научной работы, индивидуальная работа с преподавателем/консультации в период занятий. самостоятельная подготовка обучающихся, зачет.

Общий объем дисциплины – 4 зачетных единицы (144 часа).

Дисциплины (практики), для изучения которых необходимо освоение дисциплины Дифракционные методы исследования структуры кристаллов:
Кандидатский экзамен по модулю Кристаллография, физика кристаллов

3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)					Промежуточная аттестация (в часах)					
		Контактная работа обучающихся с преподавателем				Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем				
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Индивидуальная работа с преподавателем/ Консультации в период занятий			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Кандидатский экзамен	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
3	144	24	12		22	84			2			
Всего 144 часа /4 зачетных единицы из них: - контактная работа 60 часов - в интерактивных формах 34 часа												
Компетенции: УК-1, УК-5, ОПК-1, ПК-1, ПК-2												

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Консультации перед экзаменом	Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы			Сам. работа во время занятий (не включая период сессии)	Сам. работа во время промежуточной аттестации		
				Лекции	Практические занятия	Индивидуальная работа с преподавателем /Консультации в период занятий				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.	Основы кинематической теории рассеяния рентгеновских лучей	1	8	2			6			
2.	Основные схемы проведения дифракционного эксперимента и особенности их аппаратной реализации	2	8	2			6			
3.	Основы рентгеноструктурного анализа. Основные методы определения атомной структуры неизвестных соединений по монокристалльным данным.	3-4	8	2			6			
4.	Рентгенофазовый анализ (качественный и количественный)	5-6	8	2			6			
5.	Определение и уточнение параметров элементарной ячейки кристаллов по порошковым дифракционным данным	7-8	8	2			6			
6.	Уточнение кристаллических структур по порошковым дифракционным данным	9-10	8	2			6			
7.	Особенности дифракции на ультрадисперсных (нанокристаллических) системах.	11-12	8	2			6			

8.	Дифракционные исследования некристаллических объектов	13	8	2			6			
9.	Особенности дифракции на наноструктурах различного типа.	14-15	10	4			6			
10.	Некоторые примеры структурных исследований материалов в условиях воздействия состава газовой среды и температуры	16	10	4			6			
11.	Научные доклады обучающихся по тематикам их научных исследований	1-16	58		12	22	24			
12.	Зачет	17	2							2
Всего			144	24	12	22	84			2

Программа курса по разделам и темам

Теоретический материал курса освещается в ходе лекций. В лекциях обсуждается как необходимый математический аппарат и теоретические аспекты алгоритмов, так и реальные примеры использования обсуждаемых методов из практики наиболее известных экспериментов в мировой науке. В ходе лекций поощряются вопросы слушателей, часть тем обсуждается в форме дискуссий. В ходе лекций широко используются компьютерные демонстрации. Темы лекций приведены в таблице.

Практические занятия: заслушивание докладов обучающихся по темам, выбранным ими для самостоятельной подготовки, дискуссия по темам, вынесенным на самостоятельную подготовку.

Индивидуальная работа с преподавателем

Перечень работ	Объем, час
Обсуждение плана доклада по избранной теме, рекомендации преподавателя относительно литературных источников, которые можно использовать при подготовке доклада, индивидуальные консультации по ходу подготовки доклада.	10
Обсуждение задач, стоящих перед аспирантом в рамках его научно-исследовательской работы, и возможных способов их решения с привлечением методов рентгеноструктурного анализа.	12

Самостоятельная работа обучающихся

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Самостоятельная подготовка к лекционным и практическим занятиям с использованием учебной литературы. Подготовка доклада по избранной теме. Поиск литературных источников, работа с научным текстом, анализ литературных данных.	84

5. Перечень учебной литературы

5.1 Основная литература

1. М.А.Порай-Кошиц. Основы структурного анализа химических соединений. М.: Высшая школа, 1982 г. 152 с.

5.2 Дополнительная литература

2. С.В.Цыбуля, С.В.Черепанова. Введение в структурный анализ нанокристаллов. Учебное пособие. Новосибирск, НГУ - Институт катализа им.Г.К.Борескова СО РАН, 2009, 90 с.
www.phys.nsu.ru/elib/.

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся

Обучающийся в аспирантуре должен уметь самостоятельно осуществлять научный поиск литературы, необходимой при подготовке доклада по избранной теме. Обучающиеся полностью обеспечены необходимой научной литературой за счет фондов библиотеки НГУ (<http://libra.nsu.ru/>). Обучающимся, проходящим практику в Институтах СО РАН, предоставляется доступ к информационным ресурсам на тех же основаниях, что и научным сотрудникам этих институтов на основании договоров о прохождении практической подготовки.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Освоение дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет;

Взаимодействие обучающегося с преподавателем (синхронное и (или) асинхронное) осуществляется через личный кабинет студента в ЭИОС.

7.1 Современные профессиональные базы данных:

1. Полнотекстовые журналы Springer Journals за 1997-2020 г., электронные книги (2005-2020 гг.), коллекция научных биомедицинских и биологических протоколов SpringerProtocols, коллекция научных материалов в области физических наук и инжиниринга SpringerMaterials, реферативная БД по чистой и прикладной математике zbMATH.
2. Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки (ЭБД РГБ).
3. Полнотекстовые электронные ресурсы Freedom Collection издательства Elsevier (Нидерланды) (23 предметные коллекции).
4. Электронные ресурсы Web of Science Core Collection (Thomson Reuters Scientific LLC.), Journal Citation Reports + ESI.
5. Электронные БД JSTOR (США). 15 предметных коллекций: Arts & Sciences I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, Life Sciences, Health & General Science, Mathematics & Statistics, Ecology & Botany, Language & Literature, Business I, II).
6. БД Scopus (Elsevier).

7.2. Информационные справочные системы

Не используются

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Используются также программные комплексы, разработанные авторами программы дисциплины:

1. Цыбуля С.В., Черепанова С.В., Соловьева Л.П. Система программ ПОЛИКРИСТАЛЛ для IBM/PC Журнал структурной химии, 1996, т.37, №2, с. 379 – 383.
2. Яценко Д.А., Цыбуля С.В., DIANNA: Diffraction Analysis of Nanopowders. Номер: RU2016662464, действие с 11 нояб. 2016 г., Заявка 2016619625 с 13 сент. 2016 г.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации;
2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

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

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине и индикаторов их достижения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы по дисциплине представлен в разделе 1.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль успеваемости:

Текущий контроль включает контроль посещаемости обучающимися еженедельных занятий, оценку их активности в ходе дискуссий и представления доклада по выбранной теме. Текущий контроль успеваемости учитывается в рамках промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация:

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится по итогам завершения программы дисциплины в виде зачета, по результатам которого выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено». Оценка «зачтено» может быть выставлена по результатам текущего контроля, если в ходе представления самостоятельно подготовленного доклада и ответов на вопросы обучающийся продемонстрировал уровень сформированности компетенций не ниже порогового. Оценка «зачтено» является положительным результатом прохождения промежуточной аттестации. На зачете для дополнительной

проверки сформированности отдельных компетенций обучающемуся могут быть заданы вопросы по пройденному материалу.

Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине Структура и свойства реальных кристаллов

Таблица 10.1

Код компетенции	Результат обучения по дисциплине	Оценочное средство
УК-1. Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях		Работа на практических занятиях Представление доклада Зачет
УК-1.1	Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности.	
УК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования.	
УК-5 Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития		Работа на практических занятиях Представление доклада Зачет
УК-5.3	Обладать знаниями, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования.	
ОПК-1. Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий		Работа на практических занятиях Представление доклада Зачет
ОПК-1.1	Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности – кристаллографии и физике кристаллов.	
ОПК-1.2	Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования.	
ОПК-1.3.	Владеть способностью составлять и представлять научные обзоры, доклады.	
ПК-1. Способность построения теоретических моделей физических явлений и процессов в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.		Работа на практических занятиях Представление доклада Зачет
ПК-1.1	Знать теоретические основы, базовые понятия и способы построения теоретических моделей физических явлений и процессов, в части построения моделей структуры кристаллов и некристаллических объектов, методов расчета и интерпретации дифракционных картин.	

ПК-1.2	Уметь связать физические свойства кристаллов с их атомной структурой.	
ПК-2. Способность к решению научных и практических задач в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.		Работа на практических занятиях Представление доклада Зачет
ПК-2.1	Знать физические основы методов структурного анализа: рентгено-, электроно- и нейтронографии, электронной микроскопии	
ПК-2.2	Уметь определять и применять современные методы структурного анализа в зависимости от специфики объекта исследования	

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов в обучении	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (не зачтено)	Пороговый уровень (зачтено)	Базовый уровень (зачтено)	Продвинутый уровень (зачтено)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	УК-1.1 ОПК-1.1 ПК-1.1 ПК-2.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.
Наличие умений	УК-1.2 ОПК-1.2 ПК-1.2 ПК-2.2	Отсутствие минимальных умений.	Продемонстрированы частично основные умения. Допущены негрубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения с негрубыми ошибками или недочетами	Продемонстрированы все основные умения без недочетов и ошибок
Наличие навыков (владение опытом)	УК-5.3 ОПК-1.3	Отсутствие навыков, предусмотренных заявленными компетенциями. Отсутствие	Имеется минимальный набор навыков. Обзор литературных данных не является	Имеется базовый набор навыков. Качественный обзор литературных данных с незначительными	Имеются базовые навыки, предусмотренные заявленными компетенциями

		навыков научного поиска литературы, подготовки обзоров и докладов.	полным либо присутствием ошибки в анализе данных. Имеются недостатки в представлении доклада.	ми недостатками анализа. Качественная подготовка и представление доклада с несущественными затруднениями при ответах на вопросы.	иями. Представлен глубокий аналитический обзор, демонстрирующий наличие профессиональных знаний у аспиранта
--	--	--	---	--	---

Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Примерные темы докладов по дисциплине
«Дифракционные методы исследования структуры кристаллов»

1. Основы кинематической теории рассеяния рентгеновских лучей.
2. Современные методы рентгеноструктурного анализа поликристаллов.
3. Методы дифракционных исследований одномерно разупорядоченных структур.
4. Методы дифракционных исследований ближнего порядка (метод PDF), современные возможности.
5. Модулированные структуры: особенности их описания и расчета дифракционных картин.
6. Метод моделирования дифракционных картин ультрадисперсных и наноструктурированных материалов с использованием функции Дебая: возможности и области применения.
7. Применение дифракционных методов в научных исследованиях (на материале научной работы аспиранта).

Примерный список вопросов, выносимых на зачет по дисциплине
«Дифракционные методы исследования структуры кристаллов»

1. Основы кинематической теории рассеяния рентгеновских лучей. Условия дифракции по Лауэ, по Брэггу. Понятие обратной решетки. Интерференционное уравнение. Формула структурной амплитуды.
2. Основные схемы проведения дифракционного эксперимента и особенности их аппаратной реализации. Преимущества использования синхротронного излучения для дифракционных исследований в сравнении с возможностями лабораторного эксперимента.
3. Основы методов определения атомной структуры неизвестных соединений по монокристалльным данным.
4. Уточнение кристаллических структур по порошковым дифракционным данным. Метод Ритвельда.
5. Особенности дифракции на ультрадисперсных (нанокристаллических) системах и объектах с наличием высокой концентрации дислокаций.

6. Высокотемпературная рентгенография: решаемые задачи, особенности эксперимента, проблемы корректной интерпретации дифракционных данных при высокотемпературном эксперименте, методические подходы к их решению.

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский
государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)

Физический факультет

Кафедра физических методов исследования твердого тела

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Структура и свойства реальных кристаллов

направление подготовки: 03.06.01 Физика и астрономия

Курс 3, семестр 6

профиль

Кристаллография, физика кристаллов

Форма обучения: **очная**

Разработчик:

к.х.н., доцент А.А. Матвиенко



Заведующий кафедрой ФМИТТ ФФ

д.ф.-м.н., профессор С.В. Цыбуля



Новосибирск 2020

Содержание

Аннотация	35
1.Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	37
2.Место дисциплины в структуре образовательной программы	37
3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося	38
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.....	39
5. Перечень учебной литературы	41
6.Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся	41
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	41
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	42
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	42
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.....	42

Аннотация

к рабочей программе дисциплины «Структура и свойства реальных кристаллов»

Направление: **03.06.01 Физика и астрономия**

Направленность (профиль): **Кристаллография, физика кристаллов**

Дисциплина «Структура и свойства реальных кристаллов» реализуется в рамках образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 03.06.01 «Физика и астрономия» профиль подготовки «Кристаллография, физика кристаллов» по очной форме обучения на русском языке. Дисциплина «Структура и свойства реальных кристаллов» развивает знания, умения и навыки, сформированные у обучающихся по результатам общей базовой подготовки в рамках программ бакалавриата и магистратуры, и не требует знаний по другим дисциплинам подготовки для аспирантов. Курс входит в набор вариативных дисциплин, направленных на подготовку к сдаче экзаменов кандидатского минимума и подготовки научно-квалификационной работы (диссертации), для аспирантов, обучающихся по профилю подготовки «Кристаллография, физика кристаллов».

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Знания:

УК-1.1. Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности.

ОПК-1.1. Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности – кристаллографии и физике кристаллов.

ПК-1.1. Знать теоретические основы, базовые понятия и способы построения теоретических моделей физических явлений и процессов, в части построения моделей структуры кристаллов и некристаллических объектов, методов расчета и интерпретации дифракционных картин.

ПК-2.1. Знать физические основы методов структурного анализа: рентгено-, электроно- и нейтронографии, электронной микроскопии.

Умения:

УК-1.2. Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования.

ОПК-1.2. Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования.

ПК-1.2. Уметь связать физические свойства кристаллов с их атомной структурой.

ПК-2.2. Уметь определять и применять современные методы структурного анализа в зависимости от специфики объекта исследования.

Навыки:

УК-5.3. Обладать знаниями, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования.

ОПК-1.3. Владеть способностью составлять и представлять научные обзоры, доклады.

Дисциплина предназначен для формирования у обучающихся современных представлений о реальном строении кристаллических веществ. Основной целью освоения курса является ознакомление с классификацией дефектов в кристаллах (точечные дефекты - вакансии и атомы внедрения, линейные дефекты - дислокации различного типа, планарные дефекты), механизмами образования и свойствами дефектов, а также с влиянием дефектов на физические и химические свойства кристаллов.

Перечень основных разделов дисциплины:

Точечные дефекты и диффузия в кристаллах. Дислокации и механические свойства кристаллов. Строение границ зерен и межфазных границ. Механизмы структурных превращений.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекционные занятия, практические занятия, доклады обучающихся по тематике, связанной с выполнением их научной работы, индивидуальная работа с преподавателем/консультации в период занятий. самостоятельная подготовка обучающихся, зачет.

Общий объем дисциплины – 4 зачетных единицы (144 часов).

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код	Компетенции, формируемые в рамках дисциплины
УК-1. Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	
УК-1.1	Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности.
УК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования.
УК-5 Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития	
УК-5.3	Обладать знаниями, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования.
ОПК-1. Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	
ОПК-1.1	Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности – кристаллографии и физике кристаллов.
ОПК-1.2	Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования.
ОПК-1.3.	Владеть способностью составлять и представлять научные обзоры, доклады.
ПК-1. Способность построения теоретических моделей физических явлений и процессов в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.	
ПК-1.1	Знать теоретические основы, базовые понятия и способы построения теоретических моделей физических явлений и процессов, в части построения моделей структуры кристаллов и некристаллических объектов, методов расчета и интерпретации дифракционных картин.
ПК-1.2	Уметь связать физические свойства кристаллов с их атомной структурой.
ПК-2. Способность к решению научных и практических задач в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.	
ПК-2.1	Знать физические основы методов структурного анализа: рентгено-, электроно- и нейтронографии, электронной микроскопии
ПК-2.2	Уметь определять и применять современные методы структурного анализа в зависимости от специфики объекта исследования

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Структура и свойства реальных кристаллов» реализуется в рамках образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-

педагогических кадров в аспирантуре 03.06.01 «Физика и астрономия» профиль подготовки «Кристаллография, физика кристаллов» по очной форме обучения на русском языке. Дисциплина «Структура и свойства реальных кристаллов» развивает знания, умения и навыки, сформированные у обучающихся по результатам общей базовой подготовки в рамках программ бакалавриата и магистратуры, и не требует знаний по другим дисциплинам подготовки для аспирантов. Курс входит в набор вариативных дисциплин, направленных на подготовку к сдаче экзаменов кандидатского минимума и подготовки научно-квалификационной работы (диссертации), для аспирантов, обучающихся по профилю подготовки «Кристаллография, физика кристаллов».

Дисциплина предназначена для формирования у обучающихся современных представлений о реальном строении кристаллических веществ. Основной целью освоения курса является ознакомление с классификацией дефектов в кристаллах (точечные дефекты - вакансии и атомы внедрения, линейные дефекты - дислокации различного типа, планарные дефекты), механизмами образования и свойствами дефектов, а также с влиянием дефектов на физические и химические свойства кристаллов.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекционные занятия, практические занятия, доклады обучающихся по тематике, связанной с выполнением их научной работы, индивидуальная работа с преподавателем/консультации в период занятий. самостоятельная подготовка обучающихся, зачет.

Общий объем дисциплины – 4 зачетных единицы (144 часа).

Дисциплины (практики), для изучения которых необходимо освоение дисциплины Структура и свойства реальных кристаллов:

Кандидатский экзамен по модулю Кристаллография, физика кристаллов

3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)					Промежуточная аттестация (в часах)					
		Контактная работа обучающихся с преподавателем				Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем				
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Индивидуальная работа с преподавателем/ Консультации в период занятий			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Кандидатский экзамен	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
3	144	24	12		22	84			2			
<p>Всего 144 часа /4 зачетных единицы из них:</p> <ul style="list-style-type: none"> - контактная работа 60 часов - в интерактивных формах 34 часа 												
Компетенции: УК-1, УК-5, ОПК-1, ПК-1, ПК-2												

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Консультации перед экзаменом	Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы			Сам. работа во время занятий (не включая период сессии)	Сам. работа во время промежуточной аттестации		
				Лекции	Практические занятия	Индивидуальная работа с преподавателем / Консультации в период занятий				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.	Точечные дефекты и диффузия в кристаллах.	1-7	30	10			20			
2.	Дислокации и механические свойства кристаллов.	8-14	30	10			20			
3.	Строение границ зерен и межфазных границ. Механизмы структурных превращений	15-16	24	4			20			
4.	Научные доклады обучающихся по тематикам их научных исследований	1-16	58		12	22	24			
5.	Зачет	17	2							2
Всего			144	24	12	22	84			2

Программа курса по разделам и темам

Теоретический материал курса освещается в ходе лекций. В лекциях обсуждается как необходимый математический аппарат и теоретические аспекты алгоритмов, так и реальные примеры использования обсуждаемых методов из практики наиболее известных экспериментов в мировой науке. В ходе лекций поощряются вопросы слушателей, часть тем обсуждается в форме дискуссий. В ходе лекций широко используются компьютерные демонстрации.

Основное содержание лекций (24 часа)

Раздел 1. Точечные дефекты и диффузия в кристаллах. (10 часов)

Классификация дефектов в кристаллах. Точечные дефекты. Тепловые точечные дефекты (механизмы образования, энергетика). Дефекты нестехиометрии. Варианты нестехиометрии (на примере оксидов металлов). Зависимость концентрации дефектов от давления кислорода. Метод Брауэра. Электронное строение нестехиометрических соединений. Влияние примесных атомов на образование дефектов в стехиометрических и нестехиометрических кристаллах. Диффузия в кристаллах. Механизмы диффузии. Коэффициент диффузии. Энергия активации диффузии. Хаотическая диффузия. Направленная диффузия в градиенте концентрации и поле механических напряжений.

Ионная проводимость. Суперионники. Материалы для аккумуляторов, топливных элементов, мембран. Эффекты, обусловленные диффузией. Эффекты Киркендала и Френкеля. Методы определения коэффициента диффузии. Диффузия и химические реакции. Роль диффузии и точечных дефектов при реакциях твёрдое + газ и твёрдое + твёрдое.

Раздел 2. Дислокации и механические свойства кристаллов. (10 часов)

Лекция 7. Дислокации в кристаллах. Вектор и контур Бюргерса. Энергия краевой и винтовой дислокации. Движение дислокаций: скольжение и переползание. Наблюдаемые системы скольжения (ГЦК, ОЦК и ГПУ металлы, ионные кристаллы (NaCl, CsCl)). Взаимодействие между дислокациями. Полигонизация, аннигиляция и пересечение дислокаций. Образование дислокаций. Методы наблюдения дислокаций. Факторы, влияющие на подвижность дислокаций. Влияние примесных атомов, дисперсных частиц на подвижность дислокаций. Различные механизмы пластической деформации: скольжение дислокаций, дислокационная и диффузионная ползучесть. Карта механизмов пластической деформации. Сверхпластичность. Частичные дислокации. Дефекты упаковки. Энергия дефекта упаковки. Двойникование в кристаллах. Разрушение. Теория хрупкого и вязкого разрушения. Эффекты Иоффе и Ребендера. Механизмы образования трещины при пластической деформации. **(3 часа)**

Раздел 3. Строение границ зерен и межфазных границ. Механизмы структурных превращений. (4 часа)

Границы зерен. Строение границ зерен. Дислокационная модель. Решётка совпадающих узлов. О-решётка. Модель полиэдров. Специальные границы. Зернограничные дислокации. Движение границ зерен. Межфазные границы. Когерентные, полугогерентные и некогерентные межфазные границы. Энергия, подвижность и транспортные свойства межфазных границ. Механизмы структурных превращений. Влияние строения межфазной границы на кинетику и морфологию фазового превращения.

Практические занятия: заслушивание докладов обучающихся по темам, выбранным ими для самостоятельной подготовки, дискуссия по темам, вынесенным на самостоятельную подготовку

Индивидуальная работа с преподавателем

Перечень работ	Объем, час
Обсуждение плана доклада по избранной теме, рекомендации преподавателя относительно литературных источников, которые можно использовать при подготовке доклада, индивидуальные консультации по ходу подготовки доклада.	10
Обсуждение задач, стоящих перед аспирантом в рамках его научно-исследовательской работы, и возможных способов их решения с привлечением представлений о реальной структуре изучаемых им объектов.	12

Самостоятельная работа обучающихся

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Самостоятельная подготовка к лекционным и практическим занятиям с использованием учебной литературы. Подготовка доклада по избранной теме. Поиск литературных источников, работа с научным текстом, анализ литературных данных.	104

5. Перечень учебной литературы

5.1 Основная литература

1. А.Вест. Химия твердого тела. Теория и приложения. Т.2 М. «Мир», 1988- 335 с.
2. Ж.Фридель. Дислокации. М. «Мир», 1967.- 643 с.

5.2 Дополнительная литература

3. Солодовников, С. Ф. Основы кристаллохимии: учебное пособие / С.Ф. Солодовников; М-во образования и науки РФ, Новосиб. гос. ун-т, Фак. естеств. наук, Новосибирск: Редакционно-издательский центр НГУ, 2012. - 222 с. ISBN 978-5-4437-0073-1.
4. Ч. Киттель. Введение в физику твердого тела. М. «Наука», 1978.- 791 с.

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся

Обучающийся в аспирантуре должен уметь самостоятельно осуществлять научный поиск литературы, необходимой при подготовке доклада по избранной теме. Обучающиеся полностью обеспечены необходимой научной литературой за счет фондов библиотеки НГУ (<http://libra.nsu.ru/>). Обучающимся, проходящим практику в Институтах СО РАН, предоставляется доступ к информационным ресурсам на тех же основаниях, что и научным сотрудникам этих институтов на основании договоров о прохождении практической подготовки.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Освоение дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет;

Взаимодействие обучающегося с преподавателем (синхронное и (или) асинхронное) осуществляется через личный кабинет студента в ЭИОС.

7.1 Современные профессиональные базы данных:

1. Полнотекстовые журналы Springer Journals за 1997-2020 г., электронные книги (2005-2020 гг.), коллекция научных биомедицинских и биологических протоколов SpringerProtocols, коллекция научных материалов в области физических наук и инжиниринга SpringerMaterials, реферативная БД по чистой и прикладной математике zbMATH.
2. Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки (ЭБД РГБ).
3. Полнотекстовые электронные ресурсы Freedom Collection издательства Elsevier (Нидерланды) (23 предметные коллекции).
4. Электронные ресурсы Web of Science Core Collection (Thomson Reuters Scientific LLC.), Journal Citation Reports + ESI.
5. Электронные БД JSTOR (США). 15 предметных коллекций: Arts & Sciences I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, Life Sciences, Health & General Science, Mathematics & Statistics, Ecology & Botany, Language & Literature, Business I, II).
6. БД Scopus (Elsevier).

7.2. Информационные справочные системы

Не используются

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации;
2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

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

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине и индикаторов их достижения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы по дисциплине представлен в разделе 1.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль успеваемости:

Текущий контроль включает контроль посещаемости обучающимися еженедельных занятий, оценку их активности в ходе дискуссий и представления доклада по выбранной теме. Текущий контроль успеваемости учитывается в рамках промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация:

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится по итогам завершения программы дисциплины в виде зачета, по результатам которого выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено». Оценка «зачтено» может быть выставлена по результатам текущего контроля, если в ходе представления самостоятельно подготовленного доклада и ответов на вопросы обучающийся продемонстрировал уровень сформированности компетенций не ниже порогового. Оценка «зачтено» является положительным результатом прохождения промежуточной аттестации. На зачете для дополнительной проверки сформированности отдельных компетенций обучающемуся могут быть заданы вопросы по пройденному материалу.

Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине Структура и свойства реальных кристаллов

Таблица 10.1

Код компетенции	Результат обучения по дисциплине	Оценочное средство
УК-1. Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях		Работа на практических занятиях Представление доклада Зачет
УК-1.1	Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности..	
УК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования.	
УК-5 Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития		Работа на практических занятиях Представление доклада Зачет
УК-5.3	Обладать знаниями, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования.	
ОПК-1. Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий		Работа на практических занятиях Представление доклада Зачет
ОПК-1.1	Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности – кристаллографии и физике кристаллов	
ОПК-1.2	Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования.	
ОПК-1.3.	Владеть способностью составлять и представлять научные обзоры, доклады.	
ПК-1. Способность построения теоретических моделей физических явлений и процессов в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.		Работа на практических занятиях Представление доклада Зачет
ПК-1.1	Знать теоретические основы, в зависимости от специфики профиля подготовки. базовые понятия и способы построения теоретических моделей физических явлений и процессов, в части построения моделей структуры кристаллов и некристаллических объектов, методов расчета и интерпретации дифракционных картин.	
ПК-1.2	Уметь связать физические свойства кристаллов с их атомной структурой.	
ПК-2. Способность к решению научных и практических задач в области		Работа на

Физики в зависимости от специфики профиля подготовки.		практических занятиях Представлен ие доклада Зачет
ПК-2.1	Знать физические основы методов структурного анализа: рентгено-, электроно- и нейтронографии, электронной микроскопии	
ПК-2.2	Уметь определять и применять современные методы структурного анализа в зависимости от специфики объекта исследования	

Таблица 10.2

Критерии оценивания результата обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (не зачтено)	Пороговый уровень (зачтено)	Базовый уровень (зачтено)	Продвину тый уровень (зачтено)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	УК-1.1 УК-1.2 ОПК-1.1 ПК-1.1 ПК-2.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Минималь но допустимы й уровень знаний. Допускается значительн ое количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/ несущественны х ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/ разделам дисциплин ы. Свободно и аргументир ованно отвечает на дополнител ьные вопросы.
Наличие умений	УК-1.2 ОПК-1.2 ПК-1.2 ПК-2.2	Отсутствие минимальных умений. Имеют место грубые ошибки.	Продемонс трированы частично основные умения. Допущены негрубые ошибки.	Продемонстрир ованы все основные умения с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонс трированы все основные умения без недочетов и ошибок.
Наличие навыков (владение опытом)	УК-5.3 ОПК-1.3	Отсутствие навыков, предусмотренных заявленными компетенци- ями. Отсутствие навыков научного поиска	Имеется минимальн ый набор навыков. Обзор литературн ых данных не является полным либо присутству	Имеется базовый набор навыков. Качественный обзор литературных данных с незначительны ми недостатками анализа.	Имеются базовые навыки, предусмотренные заявленны ми компетенц иями. Представле н глубокий

		литературы, подготовки обзоров и докладов.	ют ошибки в анализе данных. Имеются недостатки в представлении доклада	Качественная подготовка и представление доклада с несущественными затруднениями при ответах на вопросы.	аналитический обзор, демонстрирующий наличие профессиональных знаний у аспиранта
--	--	--	--	---	--

Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Примерные темы докладов по дисциплине
«Структура и свойства реальных кристаллов»

1. Точечные дефекты и диффузия в кристаллах.
2. Структурные механизмы реализации нестехиометрии в твердых телах.
3. Дислокации и механические свойства кристаллов.
4. Эффекты Иоффе и Ребендера.
5. Влияние строения межфазной границы на кинетику и морфологию фазового превращения.
6. Физические и химические свойства твердых тел в связи с их реальной структурой ((на материале научной работы аспиранта).

Примерный список вопросов, выносимых на зачет по дисциплине
«Структура и свойства реальных кристаллов»

1. Точечные дефекты в кристаллах. Основные виды. Беспорядок по Френкелю и Шоттке. Обозначения дефектов по Креггеру и Винку. Равновесная концентрация тепловых точечных дефектов. Энтальпия образования тепловых точечных дефектов. Точечные дефекты, обусловленные нестехиометрией кристаллов. Квазихимические равновесия. Основные виды нестехиометрии в оксидах металлов.
2. Точечные дефекты, обусловленные присутствием примесных атомов. Влияние примеси на концентрацию точечных дефектов в кристаллах.
3. Диффузия в твердых телах. Основные механизмы диффузии. Выражения для коэффициента диффузии в кристаллах. Энергия активации диффузии. Ионная проводимость в кристаллах. Влияние примесных атомов на ионную проводимость. Суперионники. Эффекты Киркендаля и Френкеля. Методы определения коэффициента диффузии.
4. Границы зерен. Строение границ зерен. Дислокационная модель. Модель полиэдров. Специальные границы. Зернограничные дислокации. Движение границ зерен. Влияние примесных атомов и дисперсных частиц на подвижность границ зерен
5. Межфазные границы. Когерентные, полукогерентные и некогерентные межфазные границы. Энергия, подвижность и транспортные свойства межфазных границ.
6. Механизмы фазовых переходов. Влияние строения межфазной границы на кинетику и морфологию фазового превращения

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский
государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)

Физический факультет

Кафедра физических методов исследования твердого тела

КАНДИДАТСКИЙ ЭКЗАМЕН

Модуль

«Кристаллография, физика кристаллов»

направление подготовки: 03.06.01 Физика и астрономия

Курс 3, семестр 6

профиль

Кристаллография, физика кристаллов

Форма обучения: **очная**

Новосибирск 2020

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по модулю, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	48
2. Место модуля в структуре образовательной программы	49
3. Трудоемкость модуля в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося	49
4. Содержание модуля, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.....	50
5. Перечень учебной литературы	50
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся	51
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения модуля	51
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по модулю	51
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	52
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.....	52

1.Перечень планируемых результатов обучения по модулю, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В рамках промежуточной аттестации (сдачи кандидатского экзамена) по модулю «Кристаллография, физика кристаллов» проводится оценка универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций (портфолио), полученных в рамках прохождения дисциплин «Основные разделы кристаллографии и физики кристаллов», «Дифракционные методы исследования структуры кристаллов» и «Структура и свойства реальных кристаллов», направленные на подготовку к сдаче кандидатского экзамена по профилю «Кристаллография, физика кристаллов», а также порядок подготовки к сдаче и проведения кандидатского экзамена по профилю «Кристаллография, физика кристаллов». В состав портфолио входят перечень и презентации докладов, подготовленных обучающимся самостоятельно в рамках освоения дисциплин модуля: «Основные разделы кристаллографии и физики кристаллов», «Дифракционные методы исследования структуры кристаллов», «Структура и свойства реальных кристаллов»

Код	Компетенции, формируемые в рамках дисциплины
УК-1. Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	
УК-1.1	Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности.
УК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования.
УК-5 Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития	
УК-5.1	Знать возможные направления профессиональной самореализации, владеть приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач
УК-5.2	Уметь выявлять и формулировать проблемы собственного профессионального развития, владеть приемами осознания собственных достижений с целью их совершенствования.
УК-5.3	Обладать знаниями, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования.
ОПК-1. Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	
ОПК-1.1	Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности – кристаллографии и физике кристаллов.
ОПК-1.2	Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования.

ОПК-1.3.	Владеть способностью составлять и представлять научные обзоры, доклады
ПК-1. Способность построения теоретических моделей физических явлений и процессов в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.	
ПК-1.1	Знать теоретические основы, базовые понятия и способы построения теоретических моделей физических явлений и процессов, в части построения моделей структуры кристаллов и некристаллических объектов, методов расчета и интерпретации дифракционных картин.
ПК-1.2	Уметь связать физические свойства кристаллов с их атомной структурой.
ПК-2. Способность к решению научных и практических задач в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.	
ПК-2.1	Знать физические основы методов структурного анализа: рентгено-, электроно- и нейтронографии, электронной микроскопии
ПК-2.2	Уметь определять и применять современные методы структурного анализа в зависимости от специфики объекта исследования

2. Место модуля в структуре образовательной программы

Дисциплины (практики), изучение которых необходимо для освоения модуля
Кристаллография, физика кристаллов:

1. Основные разделы кристаллографии и физики кристаллов
- 2.1 Дифракционные методы исследования структуры кристаллов (по выбору)
- 2.2 Структура и свойства реальных кристаллов (по выбору)

Дисциплины (практики), для изучения которых необходимо освоение модуля
Кристаллография, физика кристаллов:

Подготовка научно-квалификационной работы (диссертации);

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена;

Представление научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации).

3. Трудоемкость модуля в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)					Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем				Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Индивидуальная работа с преподавателем/ Консультации в период занятий			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Кандидатский экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5-6	360	56	28		48	188	32	2	4		2
Всего 360 часов /10 зачетных единиц из них: - контактная работа 140 часов - в интерактивных формах 76 часов											
Компетенции: УК-1, УК-5, ОПК-1, ПК-1, ПК-2											

4. Содержание модуля, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

№ п/п	Раздел модуля	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Консультации перед экзаменом (в часах)	Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы			Сам. работа во время занятий (не включая период сессии)	Сам. работа во время промежуточной аттестации		
				Лекции	Практические занятия	Индивидуальная работа с преподавателем / Консультации в период занятий				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.	Б.1.В. ОД.									
1.1.	Основные разделы кристаллографии и физики кристаллов	5	180	32	16	26	104			2
2	Б.1.В. ВД.									
2.1.	Дифракционные методы исследования структуры кристаллов	6	144	24	12	22	84			2
2.2.	Структура и свойства реальных кристаллов	6	144	24	12	22	84			2
3.	Кандидатский экзамен	6	36					32	2	2
Всего			360	56	28	48	188	32	2	6
Общий объем контактной работы составляет 140 часов, в интерактивных формах – 76 часов										

Самостоятельная работа обучающихся

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Самостоятельная подготовка к экзамену по вопросам, вынесенным на промежуточную аттестацию (кандидатский экзамен по специальности)	32

5. Перечень учебной литературы

5.1 Основная литература

1. А.Вест. Химия твердого тела. Теория и приложения. Т.2 М. «Мир», 1988- 335 с.
2. Ж.Фридель. Дислокации. М. «Мир», 1967.- 643 с.
3. Ч.Киттель. Введение в физику твердого тела. М. «Наука»,1978.- 791 с.
4. Чупрунов Е.В. Основы кристаллографии: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по физическим и химическим специальностям / Е. В. Чупрунов, А. Ф. Хохлов, М. А. Фаддеев. Москва: Физматлит, 2006. 412 с.
5. Сиротин. Ю.И. Основы кристаллофизики: [учебное пособие для физических специальностей вузов] / Ю. И. Сиротин, М. П. Шаскольская. Изд. 2-е, перераб. Москва: Наука, 1979 639 с.

6. Порай-Кошиц М.А. Основы структурного анализа химических соединений: [учеб. пособие для хим. спец. ун-тов] / М. А. Порай-Кошиц 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Высшая школа, 1989 -191.
7. М.А.Порай-Кошиц. Основы структурного анализа химических соединений. М.: Высшая школа, 1982 г. 152 с.

5.2 Дополнительная литература

8. Современная кристаллография т.4 Физические свойства кристаллов. Под ред. Б.К.Вайнштейна, М. «Наука», 1981 – 495с.
- 9.Цыбуля С.В. Введение в структурный анализ нанокристаллов: учебное пособие: [для магистрантов Физ. фак. НГУ] / С.В. Цыбуля, С.В. Черепанова; Федер. агентство по образованию, Новосиб. гос. ун-т, Физ. фак., Каф. физ. методов исследования твёрдого тела. Новосибирск: Новосибирский государственный университет, 2009 87 с.

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся

Обучающийся в аспирантуре должен уметь самостоятельно осуществлять научный поиск литературы, необходимой при подготовке доклада по избранной теме. Обучающиеся полностью обеспечены необходимой научной литературой за счет фондов библиотеки НГУ (<http://libra.nsu.ru/>). Обучающимся, проходящим практику в Институтах СО РАН, предоставляется доступ к информационным ресурсам на тех же основаниях, что и научным сотрудникам этих институтов на основании договоров о прохождении практической подготовки.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения модуля

Освоение дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

Взаимодействие обучающегося с преподавателем (синхронное и (или) асинхронное) осуществляется через личный кабинет студента в ЭИОС.

7.1 Современные профессиональные базы данных:

1. Полнотекстовые журналы Springer Journals за 1997-2020 г., электронные книги (2005-2020 гг.), коллекция научных биомедицинских и биологических протоколов SpringerProtocols, коллекция научных материалов в области физических наук и инжиниринга SpringerMaterials, реферативная БД по чистой и прикладной математике zbMATH.
2. Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки (ЭБД РГБ).
3. Полнотекстовые электронные ресурсы Freedom Collection издательства Elsevier (Нидерланды) (23 предметные коллекции).
4. Электронные ресурсы Web of Science Core Collection (Thomson Reuters Scientific LLC.), Journal Citation Reports + ESI.
5. Электронные БД JSTOR (США). 15 предметных коллекций: Arts & Sciences I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, Life Sciences, Health & General Science, Mathematics & Statistics, Ecology & Botany, Language & Literature, Business I, II.).
6. БД Scopus (Elsevier).

7.2. Информационные справочные системы

Не используется

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по модулю

Для обеспечения реализации дисциплин модуля используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для реализации дисциплин модуля используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации;
2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

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

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплинам модуля для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете.

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Перечень планируемых результатов обучения по модулю и индикаторов их достижения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы по дисциплине представлен в разделе 1.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по модулю

Текущий контроль успеваемости:

Текущий контроль успеваемости по модулю «Кристаллография, физика кристаллов» представляет собой контроль результатов освоения дисциплин, входящих в состав модуля: «Основные разделы кристаллографии и физики кристаллов», «Дифракционные методы исследования структуры кристаллов» и «Структура и свойства реальных кристаллов» и осуществляется в форме презентации аспирантом доклада по одному из разделов программы дисциплины.

Промежуточная аттестация:

Промежуточная аттестация проводится в форме кандидатского экзамена. Кандидатский экзамен проводится по программе, соответствующей примерной программе, утвержденной Министерством образования и науки Российской Федерации.

Для приема кандидатского экзамена создается комиссия по приему кандидатских экзаменов (экзаменационная комиссия), состав которой утверждается приказом ректора НГУ. Состав экзаменационной комиссии формируется из числа научно-педагогических работников (в том числе работающих по совместительству) НГУ в количестве не более 5

человек, и включает в себя председателя, заместителя председателя и членов экзаменационной комиссии.

В состав экзаменационной комиссии могут включаться научно-педагогические работники других организаций.

Для оценивания знаний обучающегося в рамках проведения кандидатского экзамена используются следующие оценочные средства:

1. Портфолио - целевая подборка работ аспирантов (презентаций докладов), раскрывающая его индивидуальные образовательные достижения в дисциплинах модуля «Кристаллография, физика кристаллов».

2. Экзаменационный билет - комплекс вопросов и задач.

Кандидатский экзамен проводится экзаменационной комиссией по билетам (программам), утверждаемым деканом физического факультета НГУ. Комиссия также заслушивает устное сообщение экзаменуемого по одной из тем из его портфолио, которое экзаменуемый делает, используя презентации, содержащиеся в его портфолио. Для подготовки к ответам на вопросы билета экзаменуемый использует листы ответа, которые хранятся в деле обучающегося вместе с протоколом экзамена.

В случае неявки экзаменуемого на кандидатский экзамен по уважительной причине (при наличии подтверждающих документов) он может быть допущен приказом ректора к сдаче кандидатского экзамена в течение текущего периода приема экзаменов.

В случае получения неудовлетворительной оценки пересдача кандидатского экзамена в течение текущего периода приема экзаменов не допускается. Пересдача кандидатского экзамена с положительной оценки на другую положительную оценку не допускается. Оценка уровня знаний экзаменуемого определяется экзаменационными комиссиями по пятибалльной шкале.

Оценка выставляется простым большинством голосов членов экзаменационной комиссии. При равенстве голосов решающей считается оценка председателя.

Экзаменуемым может быть в двухдневный срок подана апелляция ректору о несогласии с решением экзаменационной комиссии.

Экзаменационная комиссия по приему кандидатского экзамена по специальной дисциплине правомочна принимать кандидатский экзамен по специальной дисциплине, если в ее заседании участвуют не менее 3 специалистов, имеющих ученую степень кандидата или доктора наук по научной специальности, соответствующей специальной дисциплине, в том числе не менее 1 доктора наук.

Решение экзаменационной комиссии оформляется протоколом, в котором указываются, в том числе, код и наименование направления подготовки, по которой сдавались кандидатские экзамены; шифр и наименование научной специальности, наименование отрасли науки, по которой подготавливается научно-квалификационная работа (диссертация).

Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по модулю Кристаллография, физика кристаллов

Таблица 10.2 Критерии оценки сформированности компетенций в рамках промежуточной аттестации по модулю

Шифр компетенций	Структурные элементы оценочных средств	Показатель сформированности	Не сформирован	Пороговый уровень	Базовый уровень	Продвинутый уровень
УК - 1	Портфолио (презентация), устное сообщение	Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности. (УК-1.1) Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования. (УК-1.2)	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки. Отсутствуют умения при решении поставленных задач.	Минимально допустимый уровень знаний. Допускается значительное количество негрубых ошибок. Наличие минимального уровня умений при решении поставленных задач.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок либо не полностью отвечает на дополнительные вопросы. Демонстрирует умения при решении поставленных задач на высоком уровне.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы. Демонстрирует умения при решении поставленных задач на высоком уровне.
УК -5	Портфолио (презентация), устное сообщение	Знать возможные направления профессиональной самореализации, владеть приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач. (УК-5.1).	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки. Отсутствуют умения при выявлении и формулировке	Минимально допустимый уровень знаний. Допускается значительное количество негрубых ошибок. Наличие	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно

		<p>Уметь выявлять и формулировать проблемы собственного профессионального развития, владеть приемами осознания собственных достижений с целью их совершенствования. (УК-5.2). Обладать знаниями, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования. (УК-5.3).</p>	<p>проблемы собственного профессионального развития. Отсутствуют навыки владения приемами выполнения научных исследований на современном мировом уровне.</p>	<p>минимального уровня умений при выявлении и формулировке проблемы собственного профессионального развития. Наличие минимального уровня владения приемами выполнения научных исследований на современном мировом уровне</p>	<p>ошибок либо не полностью отвечает на дополнительные вопросы. Демонстрирует умения при выявлении и формулировке проблемы собственного профессионального развития. Демонстрирует навыки владения приемами выполнения научных исследований на современном мировом уровне</p>	<p>отвечает на дополнительные вопросы. На высоком уровне демонстрирует умения при выявлении и формулировке проблемы собственного профессионального развития. На высоком уровне демонстрирует навыки владения приемами выполнения научных исследований на современном мировом уровне</p>
ОПК - 1	<p>Портфолио (презентация), устное сообщение</p>	<p>Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности – кристаллографии и физике кристаллов (ОПК-1.1). Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-</p>	<p>Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки. Отсутствуют умения при определении применения современных научных методов исследования и информационно-коммуникационные технологий.</p>	<p>Минимально допустимый уровень знаний. Допускается значительное количество негрубых ошибок. Наличие минимального уровня умений при определении применения современных научных</p>	<p>Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок либо не отвечает на дополнительные вопросы. Минимально допустимый уровень</p>	<p>Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы. На высоком уровне демонстрирует умения при</p>

		коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования (ОПК-1.2). Владеть способностью составлять и представлять научные обзоры, доклады (ОПК-1.3).	Доклад не последователен, не ясна суть работы	методов исследования и информационно-коммуникационные технологии. Доклад не в полной мере отражает суть работы, нарушена последовательность	знаний. Допускается значительное количество негрубых ошибок. Демонстрирует умения при определении применения современных научных методов исследования и информационно-коммуникационные технологий. Доклад отражает суть работы, последователен.	определении применения современных научных методов исследования и информационно-коммуникационные технологии. Доклад отражает суть работы, последователен.
ПК-1	Вопрос категории 1 экзаменационного билета	Знать теоретические основы, базовые понятия и способы построения теоретических моделей физических явлений и процессов, в части построения моделей структуры кристаллов и некристаллических объектов, методов расчета и интерпретации дифракционных картин (ПК-1.1) Уметь связать физические свойства кристаллов с их атомной структурой (ПК-1.2).	Не демонстрирует либо демонстрирует отдельные несвязанные знания в области кристаллографии и физики кристаллов	Демонстрирует общие знания базовых понятий и моделей кристаллографии и физики кристаллов	Демонстрирует хорошие знания базовых понятий кристаллографии и физики кристаллов, но допускает некоторые несущественные ошибки, неточности в формулировках	Демонстрирует углубленные знания базовых понятий и моделей кристаллографии и физики кристаллов
ПК-2	Вопрос категории 2 экзаменационного би-лета	Знать физические основы методов структурного анализа: рентгено-,	Не владеет основными физическими	Владеет базовыми понятиями,	Владеет всеми понятиями, определяющими	Свободно владеет всеми понятиями, определяющими

		<p>электронно- и нейтронографии, электронной микроскопии (ПК-2.1)</p> <p>Уметь определять и применять современные методы структурного анализа в зависимости от специфики объекта исследования (ПК-2.2)</p>	<p>понятиями и законами, определяющими взаимодействие с веществом</p>	<p>определяющими взаимодействие с веществом</p>	<p>взаимодействие излучения с веществом, и понимает их взаимосвязь, но допускает некоторые несущественные ошибки, неточности в формулировках</p>	<p>взаимодействие излучения с веществом, понимает их взаимосвязь и границы применимости</p>
--	--	--	---	---	--	---

Критерии выставления оценок по результатам промежуточной аттестации по модулю

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается комиссией. Каждая решённая задача и каждый вопрос категории оценивается от 2 до 5 баллов. Соответствие уровня сформированности компетенции и оценки определяются следующим образом: не сформирована - 2 балла («неудовлетворительно»), пороговый уровень - 3 балла («удовлетворительно»), базовый уровень - 4 балла («хорошо») и продвинутый уровень - 5 баллов («отлично»).

Положительная оценка (3 балла и выше) ставится, когда все компетенции освоены не ниже порогового уровня. Для получения положительной оценки необходимо продемонстрировать пороговый уровень при решении не менее двух задач из разных категорий. Если решено более двух задач из разных категорий, при дальнейшем расчете итоговой оценки учитывают два лучших результата решения задач из разных категорий.

Итоговая оценка за кандидатский экзамен выставляется комиссией как среднее арифметическое баллов, полученных за решение задач и за ответы на вопросы с округлением по математическим правилам. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

Оценка	Критерии выставления оценки (содержательная характеристика)
«неудовлетворительно» (уровень компетенций не сформирован)	Аспирант не владеет теоретическим материалом, допуская грубые ошибки, испытывает затруднения в формулировке основных понятий в профессиональной области, не демонстрирует либо демонстрирует отдельные несвязанные знания
«удовлетворительно» (сформирован пороговый уровень компетенций)	Аспирант демонстрирует общие знания базовых понятий и моделей в профессиональной области, критичных для понимания основных явлений и экспериментов, но допускает существенные ошибки по содержанию рассматриваемых (обсуждаемых) вопросов
«хорошо» (сформирован базовый уровень компетенций)	Аспирант в основном демонстрирует углубленные знания базовых понятий, моделей, теорий, свободно владеет всеми основными разделами кристаллографии и физики кристаллов, но допускает незначительные ошибки при ответах на дополнительные вопросы
«отлично» (сформирован продвинутый уровень компетенций)	Аспирант демонстрирует углубленные знания базовых понятий и моделей кристаллографии и физики кристаллов, свободно владеет методами определения атомной структуры твердых тел

Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

1. Форма экзаменационного билета и перечень экзаменационных задач и вопросов.

Форма экзаменационного билета представлена в таблице П1.1.

Таблица П1.1.

<p>Новосибирский государственный университет</p> <p>Кандидатский экзамен</p>	
<p>_____</p> <p align="center">наименование модуля</p>	
<p>_____</p> <p align="center">наименование образовательной программы</p>	
<p>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №</p>	
<p>1. Вопрос категории 1.</p> <p>2. Вопрос категории 2.</p>	
Составитель:	_____ И. О. Фамилия
	(подпись)
Ответственный за образовательную программу:	_____ И. О. Фамилия
	(подпись)
« ____ »	_____ 20 г.

Примерный перечень вопросов экзамена, структурированный по категориям, представлен в таблице П1.2

Таблица П1.2

Категория	Формулировка вопроса
Категория 1	Симметрия кристаллов. Точечные и пространственные группы симметрии кристаллов.
	Кристаллохимические способы описания атомной структуры кристаллов.
	Симметрия обратного пространства. Связь с симметрией кристалла.
	Фазовые переходы и фазовые превращения в твердых телах.
	Точечные дефекты в кристаллах. Основные виды. Беспорядок по Френкелю и Шоттке.
	Диффузия в твердых телах. Основные механизмы диффузии.
	Дислокации в кристаллах.
	Межзеренные и межфазные границы.
	Частичные дислокации. Дефекты упаковки
	Вероятностные модели для описания структуры одномерно разупорядоченных объектов
	Механические свойства кристаллов.
	Нанокристаллы. Наноструктурированные системы. Нанокристаллические пленки. Компактированные наноматериалы.
	Условия формирования нанокристаллических состояний. Самоорганизующиеся наносистемы

	Некоторые физические и химические свойства наноразмерных и наноструктурированных материалов: структурные и фазовые превращения, магнитные характеристики, оптические свойства, электрофизические свойства, химическая активность, каталитические свойства. Размерные эффекты
Категория 2	История развития представлений о строении кристаллов; история развития методов структурного анализа. Основные принципы рентгеновских дифракционных методов. Общий обзор методов структурного анализа – возможности и ограничения.
	Основные методы исследования структуры монокристаллов: подготовка и ход стандартного исследования.
	Основные области применения метода порошка и решаемые задачи. Экспериментальные методы получения порошковых рентгенограмм.
	Планирование эксперимента: выбор излучения, детектора, параметров съемки для порошковой рентгенографии. Понятие инструментальной функции.
	Основы качественного и количественного рентгенофазового анализа
	Анализ состава твердых растворов на основе дифракционных данных. Правило Вегерда.
	Методы моделирования полного профиля дифракционных картин для ультрадисперсных и несовершенных поликристаллов. Формула Дебая
	Метод радиального распределения для исследования локальной структуры. Основные уравнения и принципы.
	Принципиальные возможности дифракции электронов и электронной микроскопии
	Дифракционные исследования in situ (в условиях высоких и низких температур, высоких давлений, в контролируемых газовых средах)

Набор экзаменационных билетов формируется и утверждается в установленном порядке в начале учебного года при наличии контингента обучающихся, осваивающих модуль «Кристаллография, физика кристаллов» в текущем учебном году.

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по модулю требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

