



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»
Кафедра общей и экспериментальной физики



Рабочая программа дисциплины (модуля)

Наименование дисциплины (модуля): Б1.В.ДВ.01.02 Основы кристаллофизики

Направление подготовки: 03.03.02 Физика

Тип образовательной программы: академический бакалавриат

Направленность (профиль) подготовки: Солнечно-земная физика

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Согласовано с УМК:
физического факультета
Протокол № 25 от « 21 » апреля 2020 г.

Председатель: д.ф.-м.н., профессор
Н.М. Буднев

Рекомендовано кафедрой:
общей и экспериментальной физики
Протокол № 6
от « 13 » апреля 2020 г.
Зав. кафедрой д.ф.-м.н., доцент
А.А. Гаврилюк

Иркутск 2020 г.

Содержание

1.	Цели и задачи дисциплины	3
2.	Место дисциплины в структуре ОПП	4
3.	Требования к результатам освоения дисциплины	4
4.	Объём дисциплины и виды учебной работы (разделяется по формам обучения)	5
5.	Содержание программы	5
5.1.	Содержание разделов и тем дисциплины	5
5.2.	Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами (модулями)	
5.3.	Разделы и темы дисциплин и виды занятий	8
6.	Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ.	8
7.	Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	10
	а) основная литература	10
	б) дополнительная литература	10
	в) базы данных, поисково-справочные и информационные системы	10
8.	Материально-техническое обеспечение дисциплины	11
9.	Образовательные технологии	11
10.	Оценочные средства (ОС)	11
10.1.	Оценочные средства	11
10.2.	Оценочные средства текущего контроля	11
10.3.	Оценочные средства для промежуточной аттестации в форме экзамена (зачёта)	12

1. Цели и задачи дисциплины

В комплексе научных дисциплин, связанных с изучением строения вещества, кристаллофизика занимает ключевое место, представляя собой фундамент для таких дисциплин, как физика твердого тела, физика магнитных явлений и многих других. Кроме того, именно кристаллофизика наиболее ярко проявляются характерные для микромира закономерности, что привело в первой половине XX века к коренному изменению основных представлений в физике.

Изучение фундаментальных законов кристаллографии, кристаллохимии и кристаллофизики - как формирование основание понимания естественнонаучной картины мира - базы дальнейшего научного миропонимания. Изучения этого курса определяются требованиями, предъявляемыми выпускникам квалификационными характеристиками. В курсе "Кристаллофизика" излагаются фундаментальные свойства кристаллов, закономерности физических явлений, связанных с симметрией кристаллов и их атомной структурой. Этот курс является основополагающим разделом физики твердого тела, на котором базируется изучение курсов "Физика полупроводников и диэлектриков", "Физические основы технологии полупроводниковых материалов", «Физические основы микроэлектроники» и др., а также дисциплины специализаций «Физика твердого тела».

Задачи дисциплины

Данный курс должен решать следующие задачи:

- развитие мышления студентов, формирование у них умений самостоятельно приобретать и применять знания, наблюдать и объяснять физические явления;
- овладение студентами знаниями об экспериментальных фактах, понятиях, законах, теориях, методах физической науки; о современной научной картине мира; о широких возможностях применения физических законов в технике и технологии;
- усвоение студентами идей единства строения материи и неисчерпаемости процесса ее познания, понимание роли практики в познании, диалектического характера физических явлений и законов.

Программа ориентирована на развитие у студентов интереса к познанию физических явлений, приобретение навыков самостоятельного изучения фундаментальных основ науки и их приложений.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина основы кристаллофизики является базовой для изучения последующих дисциплин, связанных с теорией физики конденсированного состояния вещества. При изучении «Основы кристаллофизики» используются знания, приобретенные при изучении курсов «Физика», «Аналитической геометрии», «Высшей алгебры».

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Данный курс способствует развитию мышления студентов, формирование у них умений самостоятельно приобретать и применять знания. Наблюдать и объяснять физические явления, помочь студентам в овладении знаниями об экспериментальных фактах, понятиях, законах, теориях, методах физической науки; о современной научной картине мира. Программа ориентирована на развитие у студентов интереса к познанию физических явлений, приобретение навыков самостоятельного изучения фундаментальных основ науки.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- способностью использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке) (ОПК-1);
- -способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (ПК-1);

В результате освоения дисциплины студент должен:

- **освоить** понятия симметрии и представлять применение элементов симметрии к физическим свойствам металла.
- **узнать** физические свойства кристаллов и экспериментальные методы их определения.
- **овладеть** методами проведения физических измерений; оценивать возможности и погрешности различных методов.

4. Объём дисциплины и виды учебной работы (разделяется по формам обучения)

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	Семестры			
		6			
Аудиторные занятия (всего)	56/1,56	56			
В том числе:				-	-
Практические занятия (ПЗ)	56/1,56	56			
КСР					
Самостоятельная работа (всего)	16/0,44	16			
В том числе:				-	-
Решение задач	14/0,39	14			
Подготовка к зачету	2/0,06	2			
Вид промежуточной аттестации (зачёт)					
Общая трудоемкость	часы	72	72		
	зачетные единицы	2	2		
Контактная работа (всего)	57/1,6	57,6			

5. Содержание программы

5.1. Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1. Введение

Кристаллография и кристаллофизика, их место в системе наук, изучающих твердые тела. Кристаллы и квазикристаллы и аморфные тела.

Тема 2 Симметрия кристаллических многогранников

Симметрия, периодичность и закономерность структуры - основные характеристики кристаллического состояния вещества.

Элементы симметрии кристаллических многогранников. Матричное представление симметрических операций. Преобразование осей кристаллофизической системы координат, компонент вектора и координат точки.

Кристаллографические категории, сингонии и системы осей координат.

Точечные группы симметрии кристаллов. Предельные группы симметрии Кюри.

Тема 3 Индицирование.

Символы узлов (точек), рядов (направлений) и граней (плоскостей) в кристаллическом многограннике. Индексы Миллера плоскости и направлений.

Тема 4. Симметрия структуры

Структура кристаллов и пространственная решетка. Решетки Браве. Элементы симметрии кристаллических структур. Пространственные группы симметрии. Обратная решетка.

Основные свойства обратной решетки. Основные формулы структурной кристаллографии.

Тема 5. Физические свойства идеальных кристаллов и симметрия.

Основной закон кристаллофизики (принцип Неймана). Принцип суперпозиции симметрии (принцип Кюри). Типы связей в кристаллах.

Тема 6. Физические свойства кристаллов, описываемые тензором первого ранга.

Прямой пьезоэлектрический эффект в кристаллах. Ограничения, налагаемые симметрией кристалла. Указательная поверхность пьезоэлектрического эффекта. Обратный пьезоэлектрический эффект. Применение прямого и обратного пьезоэффектов.

Тема 7. Физические свойства кристаллов, описываемые тензором второго ранга.

Симметрия полярных тензоров второго ранга. Характеристическая поверхность второго порядка для тензора второго ранга, ее геометрические образы и симметрия. Группы симметрии полярных тензоров второго ранга.

Тензоры диэлектрической проницаемости и

непроницаемости кристаллов. Описание распространения света в анизотропных кристаллах с помощью оптических индикатрис.

Тензоры механических напряжений и деформаций как примеры полевых симметричных тензоров второго ранга.

Тема 8. Основные методы исследования структуры кристаллов.

Дифракция рентгеновских (электронных) лучей в кристаллах.

Общее интерференционное уравнение Лауэ, его интерпретация с помощью сферы Эвальда.

Связь общего интерференционного уравнения Лауэ с уравнением Вульфа - Брэгга.

Интенсивность дифракционных максимумов. Правила погасаний (непогасаний). Основные методы рентгеноструктурного анализа. Другие методы исследования структуры кристаллов.

Электроннография. Электронная микроскопия.

Тема 9. Основные несовершенства кристаллов.

Дефекты кристаллической структуры. Основные типы несовершенств. Методы наблюдений. .
Квазикристаллы. Жидкие кристаллы.

5.2. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечиваемых дисциплин	№№ тем данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых дисциплин (вписываются разработчиком)
1.	Физика	1.2.4.6.
2.	Аналитическая геометрия, высшая алгебра.	3.5.7.

5.3 Разделы и темы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Название раздела Наименование темы	Виды занятий в часах					
		Лекц.	Практ. зан.	Семинар	Лаб. зан.	СРС	Всего
1	Введение. Кристаллы, аморфные тела, жидкие кристаллы		2			1	3
2	Макро-микросимметрия кристаллов. Сингонии. Решётки Браве.		6			1	7
3	Элементарная ячейка. Индексы Миллера.		6			2	8
4	Физические свойства и симметрия кристаллов. Анизотропия кристаллов.		6			2	8
5	Оптические свойства кристаллов. Тепловые свойства кристаллов.		6			2	8
6	Механические свойства кристаллов. Электрические свойства кристаллов.		6			2	8
7	Типы связей в кристаллах		6			1	7
9	Дефекты кристаллических структур.		6			1	7
8	Свойства жидких кристаллов и аморфных тел.		6			1	7
9	Диэлектрические свойства кристаллов.		6			1	7
10							

6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ.

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудо-емкость	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1	1	Кристаллография и кристаллофизика, их место в системе наук, изучающих твердые тела.	8		ОПК-1, ПК-1
2	2	Индексы Миллера. Индицирование.	6		ОПК-1, ПК-1
3	2	Элементы симметрии кристаллических многогранников. Матричное представление симметрических операций. Преобразование осей кристаллофизической системы координат, компонент вектора и координат точки.	6		ОПК-1, ПК-1
4	2	Точечные группы симметрии кристаллов. Предельные группы симметрии Кюри.	6		ОПК-1, ПК-1
5	4	Основной закон кристаллофизики (принцип Неймана). Принцип суперпозиции симметрии (принцип Кюри).	6		ОПК-1, ПК-1
6	4	Указательные поверхности. Прямой пьезоэлектрический эффект в кристаллах. Обратный пьезоэлектрический эффект. Применение прямого и обратного пьезоэффектов	6		ОПК-1, ПК-1
7	8	Дифракция рентгеновских (электронных) лучей в кристаллах. Общее интерференционное уравнение Лауэ, его интерпретация с помощью сферы Эвальда. Связь общего интерференционного уравнения Лауэ с уравнением Вульфа - Брэгга.	6		ОПК-1, ПК-1
8	9	Изучение различных типов дефектов с помощью электронной микроскопии.	6		ОПК-1, ПК-1
9	11	Определение диэлектрической постоянной кристаллов на разных частотах.	6		ОПК-1, ПК-1

6.1. План самостоятельной работы студентов

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1.	Все темы	Решение задач	Решить задачу	Вся рекомендуемая литература	14
2.	Подготовка к зачёту				2

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной финансовой ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в практических занятиях, выполнение контрольных заданий и тестов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Самостоятельная работа реализуется:

- 1) Непосредственно в процессе аудиторных занятий - практических занятиях, при выполнении практических работ.
- 2) В контакте с преподавателем вне рамок расписания - на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.
- 3) В библиотеке, дома, в общежитии, на кафедре при выполнении студентом учебных задач.

Границы между этими видами работ достаточно размыты, а сами виды самостоятельной работы пересекаются. Таким образом, самостоятельная работа студентов может быть как в аудитории, так и вне ее.

7. Примерная тематика курсовых работ :

Курсовые работы не предусматривается

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература:

- 1) Чупрунов, Е.В. Основы кристаллографии [Текст] : учебник / Е.В. Чупрунов, А.Ф. Хохлов, М.А. Фаддеев. - М. : Физматлит, 2004. - 500 с. : ил ; 22 см. - Библиогр.: с. 499. - Доп. лит.: с. 500. - ISBN 5-94052-060-1 – (17 экз.)
- 2) Гинзбург, И.Ф. Введение в физику твердого тела [Текст] : Основы квант. механики и стат. физики с отдельными задачами физики твердого тела: Учеб. пособие / И. Ф. Гинзбург. - СПб. : Лань, 2007. - 537 с. : ил. ; 21 см. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 536-537. - ISBN 978-5-8114-0721-7 – (11 экз.)
- 3) Практическая рентгеновская дифрактометрия [Текст] : учеб. пособие / В. А. Лиопо [и др.] ; Иркутский гос. ун-т. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2010. - 159 с. : ил. ; 20 см. - Библиогр.: с. 154-157. - ISBN 978-5-9624-0417-2 – (52 экз.)
- 4) Епифанов, Г.И. Физика твердого тела [Текст] : учеб. пособие / Г. И. Епифанов. - 3-е изд., испр. - СПб. : Лань, 2010. - 288 с. : ил. ; 21 см. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 282-283. - Предм. указ.: с. 284-286. - ISBN 978-5-8114-1001-9 – (11 экз.)

сверено с ГИБ ЧГУ Г

б) дополнительная литература:

- 1) Шаскольская, М.П. Кристаллография [Текст] : учеб. пособие для вузов / М. П. Шаскольская. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высш. шк., 1984. - 375 с. : ил. ; 22 см. - Библиогр.: с. 371 – (2 экз.)
- 2) Переломова, Н.В. Задачник по кристаллофизике [Текст] : [для вузов] / Н. В. Переломова, М. М. Тагиева ; ред. М. П. Шаскольская. - 2-е изд. перераб. - М. : Наука, 1982. - 287 с. : ил. ; 21 см. - Библиогр.: с. 286. – (2 экз.)
- 3) Франк-Каменецкий, В.А. Математические основы оптической и рентгеновской гониометрии : учеб. пособие / В. А. Франк-Каменецкий, В. А. Лиопо, В. М. Калихман ; Иркутский гос. ун-т. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 1999. - 43 с. – (8 экз.)
- 4) Кристаллы [Текст] : рост, структура, свойства : К 50-летию Ин-та кристаллографии РАН : Сб. науч. тр. / РАН ; [Редкол.: Б.К. Вайнштейн (отв. ред.) и др.]. - М. : Наука, 1993. - 271 с. : ил. ; 22 см. - (Проблемы современной кристаллографии). - ISBN 5020069965. – (2 экз.)

в) программное обеспечение

Стандартные сервисы глобальной сети Интернет, стандартные средства просмотра презентаций и научных публикаций в электронном виде. Средства MS Office для обработки экспериментальных данных.

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

- Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU, более 10 полнотекстовых версий научных журналов по тематике курса
- Архив научных журналов JSTOR (<http://www.jstor.org>.)
- ЭЧЗ «Библиотех» <https://isu.bibliotech.ru/>
- ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com/>
- ЭБС «Рукопт» <http://rucont.ru>
- ЭБС «Айбукс» <http://ibooks.ru>

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лабораторные стенды практикума по дифракционным методам.

Для обработки экспериментальных данных и моделирования может быть использован компьютерный класс (на 15 посадочных мест).

В качестве методического обеспечения имеется ряд учебных пособий, находящихся в библиотеке физического факультета.

Оборудование для натурального изучения кристаллической структуры в лаборатории рентгеноструктурного анализа физического факультета ИГУ.

10. Образовательные технологии

Изучение курса «Основы кристаллофизики» идет в плане накопительной системы, т.е. содержательная часть каждого раздела, как правило, завершается опросом для оценки знаний. Студент в течение семестра должен выполнить определённое количество практических заданий. Контроль самостоятельной работы осуществляется при проверке представленных студентами *заданий* (СР) по теме соответствующего раздела. Вид промежуточной аттестации – зачёт.

11. Оценочные средства (ОС)

11.1. Оценочные средства для входного контроля.

Контроль заданий осуществляется в виде решения задач и выполнения практических заданий по темам курса.

11.2. Оценочные средства текущего контроля

Назначение оценочных средств текущего контроля - выявить сформированность компетенций - (ОПК-3 ПК-1.)

Перечень контрольных вопросов для самостоятельной работы студентов

1. Элементы симметрии кристаллических многогранников. Точечные группы симметрии. Предельные группы Кюри.
2. Символы узлов (точек), рядов (направлений) и граней (плоскостей) в кристаллическом многограннике. Индексы Миллера для плоскости.
3. Структура кристаллов и кристаллическая решетка. Типы ячеек Бравэ.
4. Элементы симметрии кристаллических структур. Пространственные группы симметрии.
5. Обратная решетка, её значение для кристаллографии и физики твердого тела.
6. Физические свойства идеальных кристаллов и их симметрия. Принцип Неймана.
7. Физические свойства кристаллов и их симметрия. Принцип суперпозиции симметрии (принцип Кюри).
8. Прямой и обратный пьезоэлектрические эффекты в кристаллах.
9. Типы связей в кристаллах.
10. Механические свойства кристаллов.
11. Оптические свойства кристаллов
12. Электрические и диэлектрические свойства кристаллов.
13. Дифракционные эффекты в кристаллах.
14. Основные методы структурного анализа.
15. Элементы макро- и микросимметрии кристаллов.
16. Тепловые свойства кристаллов.

11.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации в форме зачёта.

Примерный список вопросов на зачёте:

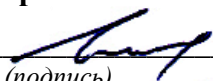
1. Элементы макро- и микросимметрии.
2. Построение стереографических проекций с использованием сетки Фульфа.
3. Представление структуры кристаллов в виде полиэдрических фигур по Н.В. Белову.
4. Матричные представления симметричных преобразований.
5. Основные типы кристаллических структур.
6. Элементы симметрии кристаллических многогранников. Точечные группы симметрии. Предельные группы Кюри.
7. Символы узлов (точек), рядов (направлений) и граней (плоскостей) в кристаллическом многограннике. Индексы Миллера для плоскости.
8. Структура кристаллов и кристаллическая решетка. Типы ячеек Бравэ.
9. Элементы симметрии кристаллических структур. Пространственные группы симметрии.
10. Обратная решетка, её значение для кристаллографии и физики твердого тела.
11. Физические свойства идеальных кристаллов и их симметрия. Принцип Неймана.
12. Физические свойства кристаллов и их симметрия. Принцип суперпозиции симметрии (принцип Кюри).
13. Прямой и обратный пьезоэлектрические эффекты в кристаллах.
14. Типы связей в кристаллах.

15. Механические свойства кристаллов.
16. Оптические свойства кристаллов
17. Электрические и диэлектрические свойства кристаллов.
18. Дифракционные эффекты в кристаллах.
19. Основные методы структурного анализа.
20. Элементы макро- и микросимметрии кристаллов.
21. Тепловые свойства кристаллов.
22. Жидкие кристаллы.

Пример тестовых заданий для проверки сформированности компетенций, указанных выше п.3:

1. При смещении кристалла на вектор трансляции
 - a) грани кристалла совмещаются;
 - b) появляется возможность определить пространственную группу симметрии;
 - c) кристалл самосовмещается;
 - d) ничего не происходит.
2. Расстояния между узлами обратной решетки равны
 - a) обратной величине расстояний между атомами;
 - b) обратной величине расстояний между узлами пространственной решетки;
 - c) величине расстояния между узловыми плоскостями, возведенной в степень (-1).
3. Гидростатическое давление может
 - a) понизить симметрию кристалла;
 - b) привести к изменению величины и направления вектора спонтанной поляризации;
 - c) повысить симметрию кристалла;
 - d) не приводит к изменениям симметрии физических свойств кристаллов.
4. Главные оси тензора электропроводности – это направления, вдоль которых вектор плотности тока
 - a) образует оптимальный угол наклона с направлением напряженности поля;
 - b) перпендикулярен вектору напряженности поля;
 - c) параллелен вектору напряженности поля;
 - d) никак не связан с направлением напряженности поля.
5. Эффект Поккельса состоит в
 - a) деформации кристалла под влиянием внешнего электрического поля;
 - b) изменении тензора диэлектрической проницаемости кристалла в электрическом поле;
 - c) изменении оптической индикатрисы кристалла под действием электрического поля.
6. Линейный дефект строения кристаллической решетки – это
 - a) дислокация;
 - b) вакансия;
 - c) граница зерна.

Разработчики:



(подпись)

профессор, д.ф.-м.н.
(занимаемая должность)

А.А., Гаврилюк

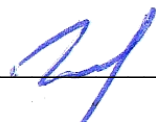
(инициалы, фамилия)

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и экспериментальной физики

«13» апреля 2020 г.

Протокол № 6

Зав. кафедрой



д.ф.-м.н., профессор А.А. Гаврилюк

Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.