

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.15 ФОТОНИКА И АКУСТОЭЛЕКТРОНИКА

Направление подготовки (специальность) 03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

Профиль подготовки (специализация)

Форма обучения очная

Год набора 2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Программу составили
доцент, к.ф.-м.н. П.П.Турчин

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель преподавания дисциплины:

Ознакомить студентов с основами фотоники и акустоэлектроники

1.2 Задачи изучения дисциплины:

- изучить распространение света в тонких пленках и волноводах;
- рассмотреть взаимодействие акустической волны со световой для объёмных и интегральных устройств.

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы высшего образования:

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
ПК-3 Способен разрабатывать и применять новые материалы, исследовать их структуру и свойства	
ПК-3.1 Планирует процессы получения материалов и исследования их свойств	знает законы распространения света в тонких пленках и волноводах, особенности взаимодействия акустической волны со световой; умеет планировать и проводить исследования свойств материалов акустическими методами
ПК-3.2 Анализирует перспективные материалы и их нано-, микро-, мезо- и макромасштабные свойства	умеет анализировать тенденции развития научно-технических аспектов в области акустоэлектроники

Дисциплина реализуется без применения ЭО и ДОТ

2 Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	Семестр
		11
Общая трудоемкость дисциплины	5 (180)	5 (180)
Контактная работа с преподавателем:	2,5 (90)	2,5 (90)
занятия лекционного типа	1 (36)	1 (36)
практические занятия	1 (36)	1 (36)
лабораторные работы	0,5 (18)	0,5 (18)
Самостоятельная работа обучающихся	1,5 (54)	1,5 (54)
Вид промежуточной аттестации (Экзамен)	36	Экзамен, КР

3 Содержание дисциплины (модуля)

№ п/п	Вид работ	Темы занятия	Объем часов	Семестр /курс	Часы в эл. формате
Раздел 1. Основы кристаллоптики. Фотоника					
1.	Лек	Введение: достижения физики твердого тела и применения эффектов в кристаллах для преобразования и обработки сигналов	2	11	
2.	Лек	Распространение электромагнитных волн в анизотропных средах. Двупреломление и двулучепреломление	2	11	
3.	Лек	Материальные тензоры, описывающие распространение света в кристаллах. Оптическая индикатриса	2	11	
4.	Лек	Оптические эффекты в кристаллах. Методы их исследования	2	11	
5.	Лек	Основные принципы управления оптическими сигналами	2	11	
6.	Лек	Нелинейно-оптические эффекты	2	11	
7.	Лек	Преобразование оптических сигналов в устройствах фотоники	2	11	
8.	Лек	Управление оптическими сигналами в устройствах интегральной оптики	4	11	
9.	Лаб	Распространение упругих волн в кристаллах	6	11	
10.	Пр	Введение: достижения физики твердого тела и применения эффектов в кристаллах для преобразования и обработки сигналов	2	11	
11.	Пр	Распространение электромагнитных волн в анизотропных средах. Двупреломление и двулучепреломление	2	11	
12.	Пр	Материальные тензоры, описывающие распространение света в кристаллах. Оптическая индикатриса	4	11	
13.	Пр	Оптические эффекты в кристаллах. Методы их исследования	2	11	
14.	Пр	Основные принципы управления оптическими сигналами	2	11	
15.	Пр	Нелинейно-оптические эффекты	2	11	
16.	Пр	Преобразование оптических сигналов в устройствах фотоники	2	11	
17.	Пр	Управление оптическими сигналами в устройствах интегральной оптики	4	11	
18.	Ср	Самостоятельная работа	18	11	
Раздел 2. Основы кристаллоакустики. Акустоэлектроника					
1.	Лек	Распространение объемных акустических волн в кристаллах	2	11	
2.	Лек	Поверхностные акустические волны и волны в слоистых средах	2	11	
3.	Лек	Распространение акустических волн в пьезо-, магнитоэлектриках и мультиферроиках	4	11	
4.	Лек	Поток энергии акустической волны	2	11	
5.	Лек	Методы возбуждения и регистрации акустических волн. Применения акустических методов исследований	2	11	
6.	Лек	Пьезоэлектрические резонаторы	2	11	
7.	Лек	Акустоэлектронные явления в пьезополупроводниках	2	11	
8.	Лек	Устройства акустоэлектроники	2	11	
9.	Лаб	Исследование пьезоэлектрических свойств кристаллов	6	11	
10.	Лаб	Регистрация деформаций интерферометрическим методом	6	11	

11.	Пр	Распространение объемных акустических волн в кристаллах	2	11	
12.	Пр	Поверхностные акустические волны и волны в слоистых средах	2	11	
13.	Пр	Распространение акустических волн в пьезо-, магнитоэлектриках и мультиферроиках	2	11	
14.	Пр	Поток энергии акустической волны	2	11	
15.	Пр	Методы возбуждения и регистрации акустических волн. Применения акустических методов исследований	2	11	
16.	Пр	Пьезоэлектрические резонаторы	2	11	
17.	Пр	Акустоэлектронные явления в пьезополупроводниках	2	11	
18.	Пр	Устройства акустоэлектроники	2	11	
19.	Ср	Самостоятельная работа	36	11	
20.	Экзамен	Экзамен	36	11	
21.	КР	Курсовая работа		11	

4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

4.1 Печатные и электронные издания:

1. Раков Э. Г. Неорганические наноматериалы: учебное пособие для студентов вузов по спец. "Химическая технология материалов современной энергетики". - Москва: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2013. - 477 с..

2. Воронов В. К., Ким Д. Ч., Янющкин А. С., Геращенко Л. А. Свойства и применение наноматериалов: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств". - Старый Оскол: ТНТ, 2013. - 219 с..

3. Колмаков А. Г., Баринов С. М., Алымов М. И. Основы технологий и применение наноматериалов: [монография]. - Москва: Физматлит, 2012. - 208 с..

4. Кульчин Ю. Н. Современная оптика и фотоника нано- и микросистем [Электронный ресурс]:. - Москва: Физматлит, 2016. - 440 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/91158> .

5. Турчин П. П., Турчин В. И., Бурков С. И., Чулкова М. Ю. Фотоника и акустоэлектроника. Ультразвуковые импульсные измерения материальных свойств анизотропных сред [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие. - Красноярск: СФУ, 2024. - 12 с. – Режим доступа: <http://Lib3.sfu-kras.ru/ft/LIB2/ELIB/u621/i-594963.pdf> .

6. Турчин П. П., Турчин В. И., Бурков С. И., Чулкова М. Ю. Фотоника и акустоэлектроника. Измерение затухания акустических волн [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие. - Красноярск: СФУ, 2024. - 16 с. – Режим доступа: <http://Lib3.sfu-kras.ru/ft/LIB2/ELIB/u621/i-364730.pdf> .

7. Турчин П. П., Турчин В. И., Бурков С. И., Чулкова М. Ю. Фотоника и акустоэлектроника. Импульсно-фазовые акустические измерения [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие. - Красноярск: СФУ, 2024. - 16 с. – Режим доступа: <http://Lib3.sfu-kras.ru/ft/LIB2/ELIB/u621/i-157178.pdf> .

8. Яковкин И. Б. Пассивная акустоэлектроника: учебное пособие для студентов-физиков. - Новосибирск: Новосибирский университет [НГУ], 1978. - 78 с..

9. Нарасимхамурти Т. С. Фотоупругие и электрооптические свойства кристаллов: перевод с английского. - Москва: Мир, 1984. - 624 с..

10. Парыгин В. Н., Балакший В. И. Оптическая обработка информации: . - Москва: Изд-во МГУ им. М. В. Ломоносова, 1987. - 142 с..

11. Кейсесент Д. Оптическая обработка информации: применения. - Москва: Мир, 1980. - 349 с..

12. Зюбрик А. И., Бурак Я.В., Савицкий И.В. Акустоэлектроника: учебное пособие. - Львов: ЛГУ, 1980. - 100 с..

13. Бобрешов А. М., Коровченко И. С., Степкин В. А., Усков Г. К. Акустоэлектроника. Молекулярная электроника. Кривоэлектроника [Электронный ресурс]: учебное пособие. - Воронеж: ВГУ, 2015. - 29 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/356309> .

14. Александров К. С., Зиненко В. И., Сорокин Б. П., Турчин П. П., Сорокин П. Б., Бурков С. И., Глушков Д. А., Четвергов Н. А., Софронова С. Н., Токарев Н. А. Теоретическая физика твердого тела [Электронный ресурс]: электрон. учеб.-метод. комплекс дисциплины. - Красноярск: СФУ, 2007. - on-line – Режим доступа: http://lib3.sfu-kras.ru/ft/lib2/ELIB_DC/UMKD/i-656895.zip .

15. Васильев А. Д., Александров К. С., Турчин П. П., Бурков С. И., Токарев Н. А., Парфенов А. А., Побызиков В. И. Структурные исследования: электронный учебно-методический комплекс по дисциплине (№ 1398-2008). - Красноярск: СФУ, 2009. - 1 эл. опт. диск (DVD).

4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):

1. Adobe Acrobat Reader DC . Программное обеспечение для просмотра и печати файлов PDF.

2. Microsoft Office Professional Plus 2010 Russian. Офисный пакет Microsoft Office.

3. Microsoft Windows Professional 10 Russian. Операционная система Windows.

4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. Нанотехническое сообщество <http://www.nanometer.ru>

2. Электронно-библиотечная система СФУ <http://bik.sfu-kras.ru/>

3. Научная электронная библиотека <https://elibrary.ru/defaultx.asp?>

5 Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств является приложением к рабочей программе дисциплины (модуля), хранится на кафедре, обеспечивающей преподавание данной дисциплины (модуля).

6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

учебная аудитория для проведения лекционных, семинарских и практических занятий: Специализированная мебель, демонстрационное оборудование, АРМ преподавателя, подключение к сети «Интернет» и индивидуальный неограниченный доступ в ЭИОС университета

учебная аудитория (лаборатория): Специализированная мебель, демонстрационное оборудование, лабораторное оборудование в соответствии со спецификой дисциплины, АРМ преподавателя, подключением к сети «Интернет» и индивидуальным неограниченным доступом в ЭИОС университета

помещение для самостоятельной работы обучающихся: специализированная мебель, демонстрационное оборудование, АРМ преподавателя, АРМ обучающихся, подключение к сети «Интернет» и индивидуальный неограниченный доступ в ЭИОС университета

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

По дисциплине (модулю)/ практике Б1.В.15 Фотоника и акустоэлектроника

Направление подготовки/специальность

03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

Образовательная программа

03.05.02.30 Фундаментальная и прикладная физика

1. Перечень компетенций с указанием индикаторов их достижения, соотнесенных с результатами обучения по дисциплине (модулю), практики и оценочными средствами

Семестр ¹	Код и содержание индикатора компетенции	Результаты обучения ²	Оценочные средства ³
ПК-3: Способен разрабатывать и применять новые материалы, исследовать их структуру и свойства			
11	ПК-3.1: Планирует процессы получения материалов и исследования их свойств	знает законы распространения света в тонких пленках и волноводах, особенности взаимодействия акустической волны со световой	Защита лабораторных работ; Курсовая работа; Контрольные вопросы к экзамену
		умеет планировать и проводить исследования свойств материалов акустическими методами	Защита лабораторных работ; Курсовая работа; Контрольные вопросы к экзамену
11	ПК-3.2: Анализирует перспективные материалы и их нано-, микро-, мезо- и макро-масштабные свойства	умеет анализировать тенденции развития научно-технических аспектов в области акустоэлектроники	Защита лабораторных работ; Курсовая работа; Контрольные вопросы к экзамену

¹ Семестры указываются по порядку, для каждого индикатора

² Указываются результаты обучения по дисциплине (модулю), практике, соотнесенные с индикатором достижения компетенции.

³ Указываются оценочные средства для каждого индикатора.

2. Типовые оценочные средства или иные материалы, с описанием шкал оценивания и методическими материалами, определяющими процедуру проведения и оценивания достижения результатов обучения

Перечень лабораторных работ:

1. Распространение упругих волн в кристаллах.
2. Исследование пьезоэлектрических свойств кристаллов.
3. Регистрация деформаций интерферометрическим методом.

Методические рекомендации по защите лабораторных работ:

В течение семестра студент должен выполнить и защитить три лабораторных работы.

Для выполнения лабораторной работы студент, используя учебно-методические пособия, изучает теорию явления, готовит допуск для проведения эксперимента, оформляет реферативную часть (отчет) с таблицами и графиками, блок-схемой экспериментальной установки. Затем проводит лабораторный эксперимент, обрабатывает результаты, оформляет выводы.

Критерии оценки защиты лабораторной работы:

«**Зачтено**» за лабораторную работу, если при защите отчета по лабораторной работе студент демонстрирует:

- владение теоретическим материалом в привязке в экспериментальной проверке модели явления;
- понимание приближений, в рамках которых используется теоретическая модель;
- умение доказать достоверность полученных результатов путем вычисления статистической и систематической погрешностей и сравнение с литературными данными;
- владения размерностями физических величин и умение применять различные системы единиц;
- умение делать однозначные выводы, связанные с полученным результатом;
- правильность оформления библиографических данных;
- умение осуществлять поиск материалов по теме в сети Internet.

«**Не зачтено**» за лабораторную работу, если при защите отчета по лабораторной работе студент не демонстрирует вышеперечисленных знаний, умений, навыков.

Темы курсовых работ:

1. Акустические волны в пьезоэлектриках.
2. Поверхностные акустические волны.
3. Оптическая активность кристаллов.
4. Двупреломление и двулучепреломление электромагнитных волн в анизотропных средах.
5. Поляризационный метод исследования оптических свойств кристаллов.
6. Фотонные кристаллы.
7. Фононные кристаллы.
8. Пьезоэлектрический резонатор Брэгга.
9. Акустоэлектронное взаимодействие в пьезополупроводниках.
10. Плазменная оптика.

Методические рекомендации по выполнению курсовой работы:

На первом занятии студентам выдается задание на курсовую работу, выполнение которого предполагается в течение всего семестра по мере изучения необходимых разделов теории. Для защиты данного задания студент должен удовлетворить следующим критериям: представить оформленную в соответствии с требованиями работу; показать знания физического процесса или явления, описываемого в задании.

Курсовая работа должна быть оформлена в соответствии с требованиями Стандарта университета «Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности» [Электронный ресурс] / Красноярск: СФУ, 2021, СТУ 7.5-07-2021, <http://www.sfu-kras.ru/node/8127>

Критерии оценивания курсовой работы:

Оцениваются разделы работы: введение, основная часть, заключение, оформление работы. Так как каждый раздел оценивается отдельно, необходимо соблюдать указанный порядок разделов и их нумерацию.

Оценка «**отлично**» выставляется студенту, если во введении приводится обоснование выбора конкретной темы, полностью раскрыта актуальность ее в научной отрасли, четко определены и грамотно поставлены задачи и цель. Основная часть работы демонстрирует достаточное количество прочитанных автором работ. Присутствуют выводы и грамотные обобщения, а также графический и наглядный материал. В заключении сделаны логичные выводы, а собственное отношение выражено четко. Работа написана в стиле академического письма, т. е. использован научный стиль изложения материала. Оформление работы соответствует требованиям Стандарта СФУ «Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной

деятельности» [Электронный ресурс] / Красноярск: СФУ, 2021, СТУ 7.5-07-2021, <http://www.sfu-kras.ru/node/8127>, правильно оформлены ссылки, список литературы и приложения.

Оценка «**хорошо**» выставляется студенту, если работа во введении содержит некоторую нечеткость формулировок. В основной ее части не всегда проводится критический анализ, отсутствует авторское отношение к изученному материалу. В заключении неадекватно использована терминология, наблюдаются незначительные ошибки в стиле, не все цитаты грамотно оформлены. Допущены незначительные неточности в оформлении библиографии, приложений.

Оценка «**удовлетворительно**» выставляется студенту, если работа во введении содержит лишь попытку обоснования выбора темы и актуальности, в ней отсутствуют четкие формулировки, расплывчато определены задачи и цели. Основное содержание – пересказ чужих идей, нарушена логика изложения, автор попытался сформулировать выводы. В заключении автор попытался сделать обобщения, собственного отношения к работе практически не проявил. В приложении допущено несколько грубых ошибок. Не выдержан стиль требуемого академического письма, часто неверно употребляются научные термины, ссылки оформлены неграмотно, наблюдается плагиат.

Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется студенту, если во введении не содержится обоснование темы, нет актуализации темы. Не обозначены и цели, задачи проекта. Скупое основное содержание указывает на недостаточное число прочитанной литературы. Внутренняя логика всего изложения проекта слабая. Нет критического осмысления прочитанного, как и собственного мнения. Нет обобщений, выводов, методик. Заключение таким не является. В нем не приведены грамотные выводы. Приложения либо вовсе нет, либо оно недостаточно. В работе наблюдается отсутствие ссылок, плагиат, не выдержан научный стиль, неадекватное использование терминологии. По оформлению наблюдается ряд недочетов: не соблюдены основные требования, а библиография с приложениями содержат много ошибок.

Контрольные вопросы к экзамену:

1. Применение физических эффектов в кристаллах для преобразования и обработки сигналов.
2. Распространение электромагнитных волн в анизотропных средах. Двупреломление и двулучепреломление.
3. Материальные тензоры, описывающие распространение света в кристаллах. Оптическая индикатриса.
4. Оптические эффекты в кристаллах. Методы их исследования.

5. Основные принципы управления оптическими сигналами.
6. Нелинейно-оптические эффекты.
7. Преобразование оптических сигналов в устройствах фотоники.
8. Управление оптическими сигналами в устройствах интегральной оптики.
9. Распространение объемных акустических волн в кристаллах.
10. Поверхностные акустические волны и волны в слоистых средах.
11. Распространение акустических волн в пьезо-, магнитоэлектриках и мультиферроиках.
12. Поток энергии акустической волны.
13. Методы возбуждения и регистрации акустических волн. Применения акустических методов исследований.
14. Пьезоэлектрические резонаторы.
15. Акустоэлектронные явления в пьезополупроводниках.
16. Устройства акустоэлектроники.

Методические рекомендации к экзамену:

Форма проведения экзамена - устный опрос по билетам. В билет включаются два теоретических вопроса из разных разделов программы.

Критерии оценки экзамена:

Оценка **«отлично»** выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал разнообразных литературных источников, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.

Оценка **«хорошо»** выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.

Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы.

Разработчик



П.П. Турчин