

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор физтех-школы  
электроники, фотоники и  
молекулярной физики**

**В.В. Иванов**

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

<b>по дисциплине:</b>	Современные проблемы фотоники
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Физика перспективных технологий: электроника и квантовые технологии Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра фотоники
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

1 (осенний) - Дифференцированный зачет  
2 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 30 час.  
семинары: 30 час.  
лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 45 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составил: О.А. Рябушкин, канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник

Программа обсуждена на заседании кафедры фотоники 29.05.2020

## Аннотация

Курс "Современные проблемы фотоники" предусматривает изучение современных направлений и проблем фотоники.

Задачи курса:

- изучение оптического разрушения кристаллов.
- изучение физики фотонных кристаллов и микроструктурных оптических волокон;
- знакомство с нанофотоникой;

По результатам освоения курса студент должен:

Знать:

- теоретические основы физики фотонных кристаллов и микроструктурных волокон.
- теоретические основы физики оптического разрушения кристаллов

Уметь:

- ориентироваться в современных направлениях фотоники

Владеть:

- представлением о современных проблемах фотоники

Основное содержание курса изложено в следующих разделах:

1. Волноводная фотоника
2. Фотонные кристаллы
3. Микроструктурированные волокна
4. Оптическое разрушение волокон и кристаллов
5. Оптическое разрушение волокон и кристаллов
6. Оптика наночастиц
7. Оптика квантовых ям, сверхрешёток и квантовых точек

## 1. Цели и задачи

### Цель дисциплины

- изучение современных направлений и проблем фотоники.

### Задачи дисциплины

- изучение оптического разрушения кристаллов;
- изучение физики фотонных кристаллов и микроструктурных оптических волокон;
- знакомство с нанофотоникой.

## 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности

решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- теоретические основы физики фотонных кристаллов и микроструктурных волокон;
- теоретические основы физики оптического разрушения кристаллов.

уметь:

- ориентироваться в современных направлениях фотоники.

владеть:

- представлением о современных проблемах фотоники.

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

#### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Волноводная фотоника	4	4		
2	Фотонные кристаллы	4	4		15
3	Микроструктурированные волокна	5	5		
4	Оптическое разрушение волокон и кристаллов	2	2		
5	Оптическое разрушение волокон и кристаллов	5	5		2
6	Оптика наночастиц	5	5		2
7	Оптика квантовых ям, сверхрешёток и квантовых точек	5	5		26
Итого часов		30	30		45
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		135 час., 3 зач.ед.			

#### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 1 (Осенний)

##### 1. Волноводная фотоника

##### 1.1. Планарные и полосковые волноводы

##### 1.2. Механизмы потерь в оптических волноводах. Управление излучением в оптических волноводах

1.3. Методы расчёта мод и дисперсионных характеристик для трёхмерных оптических волноводов

## 2. Фотонные кристаллы

2.1. Одномерные двумерные и трёхмерные фотонные кристаллы

2.2. Взаимодействие оптического излучения с фотонными кристаллами, роль плотности фотонных состояний. Управление светом в фотонных кристаллах

2.3. Оптическое излучение в линейных и нелинейных оптических структурах

## 3. Микроструктурированные волокна

3.1. Способы изготовления микроструктурных волокон. Оптические свойства микроструктурных волокон

3.2. Генерация суперконтинуума с помощью микроструктурных оптических волокон

## 4. Оптическое разрушение волокон и кристаллов

4.1. Линейное и нелинейное оптическое поглощение, способы измерения оптического поглощения (лазерная калориметрия, пьезорезонансная спектроскопия)

## Семестр: 2 (Весенний)

## 5. Оптическое разрушение волокон и кристаллов

5.1. Механизмы оптического разрушения диэлектриков и способы описания

5.2. Методы определения порога оптического разрушения нелинейно-оптических кристаллов

## 6. Оптика наночастиц

6.1 Оптические свойства металлических наночастиц

6.2 Оптические свойства полупроводниковых наночастиц

6.3 Применение наночастиц, связанное с их оптическими свойствами

## 7. Оптика квантовых ям, сверхрешёток и квантовых точек

7.1 Размерное квантование электронных состояний. Правила отбора при оптических переходах

7.2. Резонансное отражение и поглощение света в структурах с квантовыми ямами. Квантовые микрорезонаторы

7.3. Электрон-фононное взаимодействие в квантовых точках. Оптические методы исследования и применение квантовых точек

## 5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

учебная аудитория, оснащенная мультимедиа проектором, экраном и микрофоном.

## 6.Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. В.Ф. Шабанов, С.Я. Ветров, А.В. Шабанов. Оптика реальных фотонных кристаллов, жидкокристаллические дефекты, неоднородности. СО РАН Новосибирск. 2005.
2. Манцызов Б.И. Когерентная и нелинейная оптика фотонных кристаллов: учебное пособие. М.: Физматлит, 2009.
3. Фотонные кристаллы и нанокomпозиты: структурoобразование, оптические и диэлектрические свойства / под ред. В.Ф. Шабанова, В.А. Зырянова, СО РАН Новосибирск, 2009.
4. С.В. Гапоненко, Н.Н. Розанов, Е.Л. Ивченко, А.В. Федоров, А.В. Баранов, А.М. Бонч-Бруевич, Т.А. Вартамян, С.Г. Пржибельский. Оптика Наноструктур / под редакцией А.В. Федорова, СПб «Недра», 2005.

#### Дополнительная литература

1. S. Obayya. Computational Photonics. John Wiley & Sons, Ltd 2011.
2. Никоноров Н.В., Шандаров С.М. Волноводная фотоника: учебное пособие, курс лекций. СПб: СПбГУ ИТМО, 2008.

#### **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

1. <http://www.opticsinfobase.org>
2. <http://www.elsevier.com>
3. <http://www.sciencedirect.com>
4. <http://www.books.google.ru>

#### **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

на лекционных и семинарских занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций.

#### **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Студент, прослушавший курс лекций и семинаров, должен овладеть общим понятийным аппаратом и научиться применять теоретические знания на практике.

Успешное освоение курса требует:

- 1) посещения всех лекций и семинаров, предусмотренных учебным планом; ведение конспектов занятий; активное участие в обсуждении лекций и семинаров;
- 2) важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультацией к преподавателю на лекции или к докладчику на семинаре.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Физика перспективных технологий: электроника и квантовые технологии Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра фотоники
<b>курс:</b>	<u>1</u>
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

- 1 (осенний) - Дифференцированный зачет
- 2 (весенний) - Экзамен

**Разработчик:** О.А. Рябушкин, канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Современные проблемы фотоники» обучающийся должен:

### знать:

- теоретические основы физики фотонных кристаллов и микроструктурных волокон;
- теоретические основы физики оптического разрушения кристаллов.

### уметь:

- ориентироваться в современных направлениях фотоники.

### владеть:

- представлением о современных проблемах фотоники.

## 3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия по теме прошлой лекции или в конце занятия по пройденной теме.

## 4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Вопросы для подготовки к экзамену:

- 1 Волноводная фотоника
- 2 Фотонные кристаллы
- 3 Микроструктурированные волокна
- 4 Оптическое разрушение волокон и кристаллов
- 5 Оптика наночастиц
- 6 Оптика квантовых ям, сверхрешёток и квантовых точек

Примеры экзаменационных билетов.

Пример 1.

- 1 Волноводная фотоника
2. Оптика квантовых ям, сверхрешёток и квантовых точек

Пример 2.

1. Микроструктурированные волокна
2. Оптическое разрушение волокон и кристаллов

## Критерии оценивания

### 10 баллов — (ПРЕВОСХОДНО):

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы, а также по основным вопросам, выходящим за ее пределы;
- точное использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы;
- безупречное владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- выраженная способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации;
- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку, использовать научные достижения других дисциплин;
- творческая самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, активное участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

### 9 баллов — (ОТЛИЧНО):

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы;
- точное использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации в рамках учебной программы, полное усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;
- самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, творческое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

### 8 баллов — (ПОЧТИ ОТЛИЧНО):

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем поставленным вопросам в объеме учебной программы;
- использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины (методами комплексного анализа, техникой информационных технологий), умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач; способность самостоятельно решать сложные проблемы в рамках учебной программы;
- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку с позиций государственной идеологии (по дисциплинам социально-гуманитарного цикла);
- активная самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, систематическое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

### 7 баллов — (ОЧЕНЬ ХОРОШО):

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы;
- использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), лингвистически и логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;



- самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

6 баллов — (ХОРОШО):

- достаточно полные и систематизированные знания в объеме учебной программы;
- использование необходимой научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач; способность самостоятельно применять типовые решения в рамках учебной программы;
- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку; активная самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, периодическое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

5 баллов — (ПОЧТИ ХОРОШО):

- достаточные знания в объеме учебной программы;
- использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно применять типовые решения в рамках учебной программы;
- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку;
- самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

4 балла — (УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО), ЗАЧТЕНО:

- достаточный объем знаний в рамках образовательного стандарта;
- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении стандартных (типовых) задач;
- умение под руководством преподавателя решать стандартные (типовые) задачи;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им оценку;
- работа под руководством преподавателя на практических, лабораторных занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий.

3 балла — (НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО), НЕЗАЧТЕНО:

- недостаточно полный объем знаний в рамках образовательного стандарта;
- знание части основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- использование научной терминологии, изложение ответа на вопросы с существенными лингвистическими и логическими ошибками;
- слабое владение инструментарием учебной дисциплины, некомпетентность в решении стандартных (типовых) задач;
- неумение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях изучаемой дисциплины;
- пассивность на практических и лабораторных занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий.

2 балла — (НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО):

- фрагментарные знания в рамках образовательного стандарта;
- знания отдельных литературных источников, рекомендованных учебной программой дисциплины;
- неумение использовать научную терминологию дисциплины, наличие в ответе грубых стилистических и логических ошибок;
- пассивность на практических и лабораторных занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий.

1 балл — (НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО):

- отсутствие знаний и компетенций в рамках образовательного стандарта или отказ от ответа.

**5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

При проведении дифференцированного зачета или экзамена обучающемуся предоставляется до 60 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету не должен превышать двух астрономических часов в устной и (или) письменной форме.