

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

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
электроники, фотоники и
молекулярной физики
А.С. Батурин**

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Физические основы фотоники
по направлению:	Электроника и нанoeлектроника
профиль подготовки:	Физика перспективных технологий: микро- и нанoeлектроника Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра фотоники
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

семинары: 60 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составили:

А.В. Коняшкин, канд. физ.-мат. наук

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

Программа обсуждена на заседании кафедры фотоники 03.03.2023

Аннотация

Курс "Физические основы фотоники" предусматривает изучение основ фотоники, включающей квантовой электронику, интегральную и нелинейную оптику.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- изучение основ фотоники, включающей квантовую электронику, интегральную и нелинейную оптику.

Задачи дисциплины

- изучение методов генерации, регистрации и преобразования светового излучения;
- знакомство с различными оптическими элементами и устройствами;
- изучение основ кристаллооптики, волоконной и интегральной оптики;
- знакомство с современными оптическими технологиями передачи, записи и обработки информации.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

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-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценить качество разработанной модели

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- теоретические основы квантовой электроники, нелинейной оптики, кристаллооптики, волоконной и интегральной оптики;
- устройство и принцип работы различных оптических элементов, используемых для генерации, регистрации и преобразования излучения оптического диапазона.

уметь:

- самостоятельно изучать литературу и научные статьи по фотонике;
- разбираться в свойствах и характеристиках различных компонент, приборов и устройств, используемых в квантовой электронике, нелинейной оптике, волоконной и интегральной оптике.

владеть:

- теоретическими моделями, используемыми для описания процессов и явлений различных областей 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	Генерация электромагнитного излучения		8		5
2	Основные элементы полупроводниковой оптоэлектроники		8		5
3	Основные явления нелинейной оптики		8		3
4	Использование кристаллов в оптике		6		2
5	Основные элементы волоконной оптики		10		5
6	Основные элементы интегральной оптики		10		5
7	Основы оптической передачи и обработки информации		10		5
Итого часов			60		30
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

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

Семестр: 2 (Весенний)

1. Генерация электромагнитного излучения

1.1. Принципы генерации электромагнитного излучения. Уравнения для описания электромагнитных волн.

1.2. Когерентные источники света – лазеры.

1.3. Квантовые генераторы лазеры.

2. Основные элементы полупроводниковой оптоэлектроники

2.1. Полупроводники p и n типов, p-n переход. Светодиоды. Полупроводниковые лазеры. Полупроводниковые оптические усилители. Полупроводниковые фотоприёмники и фотоэлементы.

3. Основные явления нелинейной оптики

3.1. Рэлеевское рассеяние света .

3.2. Комбинационное рассеяние света, Мандельштам-Бриллюэновское рассеяние света.

3.3 Многофотонные процессы.

4. Использование кристаллов в оптике

4.1. Лазерные кристаллы. Нелинейно-оптические кристаллы. Генерация гармоник лазерного излучения, прямое детектирование света.

4.2. Электрооптические кристаллы (поляризационно зависимые эффекты). Кристаллы в акустооптике.

5. Основные элементы волоконной оптики

5.1. Пассивные кварцевые волокна. Активные кварцевые волокна, легированные редкоземельными ионами. Брегговские решётки. Волоконные ответвители. Волоконные изоляторы. Волоконные лазеры. Волоконные усилители.

6. Основные элементы интегральной оптики

6.1 Планарные световоды, передача оптических волн по планарным волноводам. Планарные мультиплексоры. Демультимплексоры. Интегральные оптические схемы.

7. Основы оптической передачи и обработки информации

7.1 Формирование информации с помощью оптических сигналов. Введение и распространение в среде оптического излучения, несущего информацию. Приём и извлечение оптической информации.

7.2 Построение и основные элементы волоконно-оптических линий связи (информационные сети). Оптический компьютер.

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

учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Дмитриев В.Г., Тарасов Л.В., Прикладная нелинейная оптика / 2-е издание М.: Физматлит, 2004.
2. Пихтин А.Н. Оптическая и квантовая электроника. М.: Высшая школа, 2001.
3. Блистанов А.А., Кристаллы квантовой и нелинейной оптики / М.: «Мисис», 2000.
4. Агравал Г. Нелинейная волоконная оптика. Мир, М., 1996

Дополнительная литература

1. Шур М. Физика полупроводниковых приборов. В 2-х томах. Пер. с англ. М.: Мир, 1992.
2. Ж. И. Алферов. «Двойные гетероструктуры: концепции и применения в физике, электронике и технологии» // УФН, Т.172, № 9, с.1068-1086, 2002.

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.elibrary.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 занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций.

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

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике.

В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения дисциплины, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к преподавателю.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Электроника и нанoeлектроника
профиль подготовки:	Физика перспективных технологий: микро- и нанoeлектроника Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра фотоники
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Дифференцированный зачет

Разработчики:

А.В. Коняшкин, канд. физ.-мат. наук

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-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценить качество разработанной модели

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Физические основы фотоники» обучающийся должен:

знать:

- теоретические основы квантовой электроники, нелинейной оптики, кристаллооптики, волоконной и интегральной оптики;
- устройство и принцип работы различных оптических элементов, используемых для генерации, регистрации и преобразования излучения оптического диапазона.

уметь:

- самостоятельно изучать литературу и научные статьи по фотонике;
- разбираться в свойствах и характеристиках различных компонент, приборов и устройств, используемых в квантовой электронике, нелинейной оптике, волоконной и интегральной оптике.

владеть:

- теоретическими моделями, используемыми для описания процессов и явлений различных областей 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 предыдущего занятия

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

1. Принципы генерации электромагнитного излучения. Уравнения для описания электромагнитных волн.
2. Когерентные источники света – лазеры.
3. Квантовые генераторы мазер
4. Полупроводники p и n типов, p-n переход.
5. Светодиоды.
6. Полупроводниковые лазеры.
7. Полупроводниковые оптические усилители.
8. Полупроводниковые фотоприёмники и фотоэлементы
9. Рэлеевское рассеяние света
10. Комбинационное рассеяние света, Мандельштам-Бриллюэновское рассеяние света.
11. Многофотонные процессы
12. Лазерные кристаллы. Нелинейно-оптические кристаллы.
13. Генерация гармоник лазерного излучения, прямое детектирование света

14. Электрооптические кристаллы (поляризационно зависимые эффекты). Кристаллы в акустооптике
15. Пассивные кварцевые волокна. Активные кварцевые волокна, легированные редкоземельными ионами.
16. Брегговские решётки.
17. Волоконные ответвители. Волоконные изоляторы. Волоконные лазеры. Волоконные усилители.
18. Планарные световоды, передача оптических волн по планарным волноводам.
19. Планарные мультиплексоры. Демультимплексоры. Интегральные оптические схемы
20. Формирование информации с помощью оптических сигналов.
21. Введение и распространение в среде оптического излучения, несущего информацию.
22. Приём и извлечение оптической информации.
23. Построение и основные элементы волоконно-оптических линий связи (информационные сети).
24. Оптический компьютер.

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 обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету не должен превышать двух астрономических часов в устной форме.