

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования_
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Высшая школа общей и прикладной физики

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 10 от 02.12.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Основы фотоники

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

03.04.02 - Физика

Направленность образовательной программы

Общая и прикладная физика

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.02.02.05 Основы фотоники относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-3: Способен свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной и проектной деятельности	ПК-3.1: Демонстрация способности свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной и проектной деятельности	ПК-3.1: Знать предмет фотоники и приложения нанوفотоники; основные понятия и теорию фотоники, в частности, теорию Ми; понятие связанного состояния в континууме; теорию связанных мод и др. Уметь решать задачи в области фотоники, в том числе и научно-инновационные; уметь применять полученные знания в инновационной и проектной деятельности. Владеть передовыми современными методами решения практических задач в области фотоники и нанопотоники	Задачи	Зачёт: Задачи Контрольные вопросы

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	2
Часов по учебному плану	72
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16

- КСР	1
самостоятельная работа	39
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Предмет фотоники и приложения нанофотоники. Мультипольный анализ в задачах рассеяния света. Аппарат векторных сферических гармоник. Пример мультипольной интерференции.	9	2	2	4	5
Теория Ми. Разложение плоской волны по сферическим гармоникам. Коэффициенты Ми. Характеристики рассеяния. Режимы рассеяния. Источник Гюйгенса.	9	2	2	4	5
Мультипольные разложения полей в случае рассеивателя произвольной формы. Понятие связанного состояния в континууме. Векторные цилиндрические пучки.	9	2	2	4	5
Теория связанных мод. Фано интерференция. Ми рассеяние как каскад резонансов Фано. Резонансы и аномалии в рассеянии. Анаполь. Свойства матрица рассеяния. Бианизотропные рассеиватели.	9	2	2	4	5
Фотонные решетки на основе волноводов. Распространение света в одномерных и двумерных оптических волноводах. Теория связанных мод для димера волноводов. Димер волноводов с Керровской нелинейностью.	13	3	3	6	7
Фотонные кристаллы. Одномерные периодические структуры. Метод матриц переноса для многослойных систем. Слоистые периодические среды. Брэгговские отражатели. Метод плоских волн для одномерного фотонного кристалла.	13	3	3	6	7
Поверхностные электромагнитные волны: поверхностные плазмоны, волны Дьяконова, Таммовские состояния, резонансные поверхностные волны. Возбуждение поверхностных волн.	9	2	2	4	5
Аттестация	0				
КСР	1				1
Итого	72	16	16	33	39

Содержание разделов и тем дисциплины

Предмет фотоники и приложения нанофотоники. Мультипольный анализ в задачах рассеяния света. Аппарат векторных сферических гармоник. Пример мультипольной интерференции.
Теория Ми. Разложение плоской волны по сферическим гармоникам. Коэффициенты Ми.

Характеристики рассеяния. Режимы рассеяния. Источник Гюйгенса.

Мультипольные разложения полей в случае рассеивателя произвольной формы. Понятие связанного состояния в континууме. Векторные цилиндрические пучки.

Теория связанных мод. Фано интерференция. Ми рассеяние как каскад резонансов Фано. Резонансы и аномалии в рассеянии. Анаполь. Свойства матрица рассеяния. Бианизотропные рассеиватели. Фотонные решетки на основе волноводов. Распространение света в одномерных и двумерных оптических волноводах. Теория связанных мод для димера волноводов. Димер волноводов с Керровской нелинейностью.

Фотонные кристаллы. Одномерные периодические структуры. Метод матриц переноса для многослойных систем. Слоистые периодические среды. Брэгговские отражатели. Метод плоских волн для одномерного фотонного кристалла.

Поверхностные электромагнитные волны: поверхностные плазмоны, волны Дьяконова, Таммовские состояния, резонансные поверхностные волны. Возбуждение поверхностных волн.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

а) основная литература:

1. Петров В.М. Интерференция и дифракция для информационной фотоники / Петров В. М., Шамрай А. В. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2020. - 460 с. Ссылка: <http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=778602&idb=0>
2. Петров В.М. Узкополосные управляемые фильтры для DWDM систем : учебное пособие / Петров В. М. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 164 с. - ISBN 978-5-8114-3665-1. Ссылка: <http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=798753&idb=0>
3. Дюбов А.С. Фотонно-электронные компоненты и устройства в инфокоммуникациях : учебное пособие / Дюбов А. С. - Санкт-Петербург : СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича, 2021. - 74 с. Ссылка: <http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=780016&idb=0>

б) дополнительная литература:

1. Полякова Е. В. Введение в профессию. Фотоника и оптоинформатика : учебное пособие / Полякова Е. В. - Санкт-Петербург : СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича, 2017. - 64 с. Ссылка: <http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=780039&idb=0>
2. Салех Бахаа Е. А. Оптика и фотоника : принципы и применения : [учеб. пособие : в 2 т.]. Т. 1 / пер. с англ. В. Л. Дербова. - Долгопрудный : Интеллект, 2012. - 760 с. Ссылка: <http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=459255&idb=0>
3. Салех Бахаа Е. А. Оптика и фотоника : принципы и применения : [учеб. пособие : в 2 т.]. Т. 2 / пер. с англ. В. Л. Дербова. - Долгопрудный : Интеллект, 2012. - 784 с. Ссылка: <http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=459256&idb=0>

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины)
Журнал «Фотоника». АО "Рекламно-издательский центр "Техносфера". ISSN 1993-7296 (print) ISSN 2686-844X (online) <https://www.photonics.su/>

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

Решите задачи. Запишите решение и ответ.

Задача 1

Рассмотрим поверхностные плазмон-поляритоны, распространяющиеся вдоль границы раздела между воздухом и металлическим слоем. Пусть диэлектрическую проницаемость металла можно описать моделью Друде:

$$\varepsilon_m(\omega) = 1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2},$$

где $\omega_p = 6 \times 10^{15}$ рад/с - плазменная частота. Каковы длины волн поверхностных плазмон-поляритонов (λ_{spp}) на частотах $f = 500$ ТГц и $f = 600$ ТГц соответственно? Округлите до сотен нанометров.

Ответ:

Задача 2

Рассмотрим планарный диэлектрический волновод, состоящий из сердцевины с показателем преломления $n_2 = 2.5$ шириной d , окруженной оболочкой с показателем преломления $n_1 = 1.5$. Известно, что волновод поддерживает распространение четырех низших ТЕ мод. Определите значение ширины волновода d . Выразите ответ в длинах волн λ .

Ответ:

Задача 3

Рассмотрим распространение света в системе из двух связанных волноводов (коэффициент связи κ), характеризующейся постоянными распространения β_1 и β_2 для первого и второго волноводов соответственно. Предположим, что в начальный момент времени (при $z = 0$) вся мощность оптического излучения сосредоточена только в первом волноводе.

Определите условие на соотношение между постоянными β_1/β_2 , при котором на расстоянии L поле полностью перекачивается во второй волновод.

Ответ:

Задача 4

Известна аналогия между стационарным уравнением Гельмгольца для нахождения ТЕ мод (собственные числа которых равны β_m) планарного диэлектрического волновода с показателем преломления $n(x)$ и уравнением Шредингера из квантовой механики $[-\frac{d^2}{dx^2} + V(x)]\psi_m = E_m\psi_m$. Получите явное выражение для величины, которая аналогична потенциалу $V(x)$ и собственным энергиям E_m .

Ответ:

Задача 5

Рассмотрим одномерный фотонный кристалл, состоящий из чередующихся слоев материалов с диэлектрическими проницаемостями ϵ_1 и ϵ_2 и толщинами d_1 и d_2 соответственно. В длинноволновом пределе (когда длина волны излучения значительно превышает период структуры) свойства фотонного кристалла могут быть аппроксимированы свойствами эффективной одноосной среды. В этом приближении эффективная диэлектрическая проницаемость представляется тензором вида:

$$\begin{pmatrix} \epsilon_{\text{eff},xx} & 0 & 0 \\ 0 & \epsilon_{\text{eff},xx} & 0 \\ 0 & 0 & \epsilon_{\text{eff},zz} \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Определите явное выражение для компоненты $\epsilon_{\text{eff},zz}$ тензора эффективной диэлектрической проницаемости, соответствующей направлению, перпендикулярному слоям фотонного кристалла. Подсказка: используйте граничное условие для нормальных и тангенциальных компонент полей.

Ответ:

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Справедливо одно из следующих утверждений: (1). Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач. (2). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов. (3). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. (4). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми

Оценка	Критерии оценивания
	недочетами. (5). Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
не зачтено	Справедливо одно из следующих утверждений: (1). Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки. (2). Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов

			объеме	некоторые с недочетами	недочетами	и, выполнены все задания в полном объеме	
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-3

Решите задачи. Запишите решение и ответ.

Задача 1

Рассмотрим поверхностные плазмон-поляритоны, распространяющиеся вдоль границы раздела между воздухом и металлическим слоем. Пусть диэлектрическую проницаемость металла можно описать моделью Друде:

$$\varepsilon_m(\omega) = 1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2},$$

где $\omega_p = 6 \times 10^{15}$ рад/с - плазменная частота. Каковы длины волн поверхностных плазмон-поляритонов (λ_{spp}) на частотах $f = 500$ ТГц и $f = 600$ ТГц соответственно? Округлите до сотен нанометров.

Ответ:

Задача 2

Рассмотрим планарный диэлектрический волновод, состоящий из сердцевины с показателем преломления $n_2 = 2.5$ шириной d , окруженной оболочкой с показателем преломления $n_1 = 1.5$. Известно, что волновод поддерживает распространение четырех низших ТЕ мод. Определите значение ширины волновода d . Выразите ответ в длинах волн λ .

Ответ:

Задача 3

Рассмотрим распространение света в системе из двух связанных волноводов (коэффициент связи κ), характеризующейся постоянными распространения β_1 и β_2 для первого и второго волноводов соответственно. Предположим, что в начальный момент времени (при $z = 0$) вся мощность оптического излучения сосредоточена только в первом волноводе.

Определите условие на соотношение между постоянными β_1/β_2 , при котором на расстоянии L поле полностью перекачивается во второй волновод.

Ответ:

Задача 4

Известна аналогия между стационарным уравнением Гельмгольца для нахождения ТЕ мод (собственные числа которых равны β_m) планарного диэлектрического волновода с показателем преломления $n(x)$ и уравнением Шредингера из квантовой механики $[-\frac{d^2}{dx^2} + V(x)]\psi_m = E_m\psi_m$. Получите явное выражение для величины, которая аналогична потенциалу $V(x)$ и собственным энергиям E_m .

Ответ:

Задача 5

Рассмотрим одномерный фотонный кристалл, состоящий из чередующихся слоев материалов с диэлектрическими проницаемостями ϵ_1 и ϵ_2 и толщинами d_1 и d_2 соответственно. В длинноволновом пределе (когда длина волны излучения значительно превышает период структуры) свойства фотонного кристалла могут быть аппроксимированы свойствами эффективной одноосной среды. В этом приближении эффективная диэлектрическая проницаемость представляется тензором вида:

$$\begin{pmatrix} \epsilon_{\text{eff},xx} & 0 & 0 \\ 0 & \epsilon_{\text{eff},xx} & 0 \\ 0 & 0 & \epsilon_{\text{eff},zz} \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Определите явное выражение для компоненты $\epsilon_{\text{eff},zz}$ тензора эффективной диэлектрической проницаемости, соответствующей направлению, перпендикулярному слоям фотонного кристалла. Подсказка: используйте граничное условие для нормальных и тангенциальных компонент полей.

Ответ:

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Справедливо одно из следующих утверждений: (1). Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач. (2). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов. (3). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. (4). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами. (5). Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
не зачтено	Справедливо одно из следующих утверждений: (1). Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки. (2). Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений.

Оценка	Критерии оценивания
	Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-3

1. Мультипольный анализ в задачах рассеяния света.
2. Аппарат векторных сферических гармоник.
3. Теория Ми. Разложение плоской волны по сферическим гармоникам.
4. Коэффициенты Ми. Характеристики рассеяния. Режимы рассеяния. Источник Гюйгенса.
5. Мультипольные разложения полей в случае рассеивателя произвольной формы.
6. Понятие связанного состояния в континууме. Векторные цилиндрические пучки.
7. Теория связанных мод. Фано интерференция.
8. Ми рассеяние как каскад резонансов Фано. Резонансы и аномалии в рассеянии.
9. Анаполь. Свойства матрица рассеяния. Бианизотропные рассеиватели.
10. Фотонные решетки на основе волноводов. Распространение света в одномерных и двумерных оптических волноводах.
11. Теория связанных мод для димера волноводов. Димер волноводов с Керровской нелинейностью.
12. Фотонные кристаллы. Одномерные периодические структуры.
13. Метод матриц переноса для многослойных систем. Слоистые периодические среды.
14. Брэгговские отражатели. Метод плоских волн для одномерного фотонного кристалла.
15. Поверхностные электромагнитные волны: поверхностные плазмоны, волны Дьяконова, Таммовские состояния, резонансные поверхностные волны.
16. Возбуждение поверхностных волн.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Справедливо одно из следующих утверждений: (1). Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные

Оценка	Критерии оценивания
	<p>задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач. (2). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов. (3). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. (4). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами. (5). Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.</p>
не зачтено	<p>Справедливо одно из следующих утверждений: (1). Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки. (2). Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.</p>

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Петров В. М. Интерференция и дифракция для информационной фотоники / Петров В. М., Шамрай А. В. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2020. - 460 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции Лань - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-8114-5151-7., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=778602&idb=0>.
2. Петров В. М. Узкополосные управляемые фильтры для DWDM систем : учебное пособие / Петров В. М. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 164 с. - Рекомендовано ФУМО в системе высшего образования по укрупненной группе специальностей и направлений подготовки «Электроника, радиотехника и системы связи» в качестве учебного пособия для обучающихся по образовательным программам высшего образования уровня бакалавриат и магистратура по направлению подготовки «Инфокоммуникационные технологии и системы связи». - Книга из коллекции Лань - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-8114-3665-1.,

<https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=798753&idb=0>.

3. Дюбов А. С. Фотонно-электронные компоненты и устройства в инфокоммуникациях : учебное пособие / Дюбов А. С. - Санкт-Петербург : СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича, 2021. - 74 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-89160-218-2., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=780016&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Полякова Е. В. Введение в профессию. Фотоника и оптоинформатика : учебное пособие / Полякова Е. В. - Санкт-Петербург : СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича, 2017. - 64 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича - Инженерно-технические науки., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=780039&idb=0>.
2. Салех Бахаа Е. А. Оптика и фотоника : принципы и применения : [учеб. пособие : в 2 т.]. Т. 1 / пер. с англ. В. Л. Дербова. - Долгопрудный : Интеллект, 2012. - 760 с. : цв. вклейка. - ISBN 978-5-91559-038-9 : 2217.60., 5 экз.
3. Салех Бахаа Е. А. Оптика и фотоника : принципы и применения : [учеб. пособие : в 2 т.]. Т. 2 / пер. с англ. В. Л. Дербова. - Долгопрудный : Интеллект, 2012. - 784 с. : цв. вклейка. - ISBN 978-5-91559-135-5 : 2217.60., 5 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

Журнал «Фотоника». АО "Рекламно-издательский центр "Техносфера". ISSN 1993-7296 (print) ISSN 2686-844X (online) <https://www.photonics.su/>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: для проведения лекций и практических занятий требуется типовое оборудование лекционной аудитории. Для подготовки самостоятельных контрольных работ и для их графического представления (если это необходимо), а также для расширения коммуникационных возможностей студенты имеют возможность работать в компьютерных классах с соответствующим лицензионным программным обеспечением и выходом в Интернет. Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

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

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 03.04.02 - Физика.

Автор(ы): Смолина Екатерина Олеговна.

Заведующий кафедрой: Викторов Михаил Евгеньевич, кандидат физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 31.01.2025, протокол № 2.