

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 № 13 от 30.11.2022 г.

Рабочая программа дисциплины

Введение в фотонику

Уровень высшего образования
Магистратура

Направление подготовки / специальность
03.04.02 – Физика

Направленность образовательной программы
Общая и прикладная физика

Форма обучения
Очная

Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.03.01.02 «Введение в фотонику» относится к части ООП направления подготовки 03.04.02 Физика, формируемой участниками образовательных отношений.

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
<i>ПК-3. Способен свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научноинновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной и проектной деятельности</i>	<i>ПК-3.1: Демонстрация способности свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научноинновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной и проектной деятельности</i>	<i>ПК-3.1: Знать предмет фотоники и приложения нанофотоники; 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 нанофотоники</i>	<i>Задачи</i>	<i>Задачи Собеседование</i>

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость	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 и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
Предмет фотоники и приложения нанофотоники. Мультипольный анализ в задачах рассеяния света. Аппарат векторных сферических гармоник. Пример мультипольной интерференции.	9	2	2	0	4	5
Теория Ми. Разложение плоской волны по сферическим гармоникам. Коэффициенты Ми. Характеристики рассеяния. Режимы рассеяния. Источник Гюйгенса.	9	2	2	0	4	5
Мультипольные разложения полей в случае рассеивателя произвольной формы. Понятие связанного состояния в континууме. Векторные цилиндрические пучки.	9	2	2	0	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
КСР	1				1	
Итого	72	16	16	0	33	39

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Для самостоятельной работы обучающимся предлагается использовать основную и дополнительную литературу и/или электронные Интернет-ресурсы.

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

Задача 1. Определить длины волн и добротности низших дипольных резонансов (электрического и магнитного) сферической частицы. Определить длины волн, соответствующие минимальному рассеянию вперед и минимальному рассеянию назад при рассеянии плоской линейно-поляризованной волны на сферической частице (условие Керкера).

- частица из кремния, радиус 100 нм
- частица из стекла, радиус 1 мм.

Задача 2. Возбуждение одной резонансной моды в двумерном массиве резонаторов. Показать, что выполняются следующие утверждения для коэффициентов связи κ_L и κ_R возбуждаемой моды с падающей волной слева или справа:

- $\kappa_L + \kappa_R^* = 0$ при отсутствии омических потерь $\gamma_{ohm} = 0$,
- $\kappa_L = \kappa_R = ik$ в случае симметричной структуры относительно направлений падения волны слева и справа,
- $\kappa_L + \kappa_R^* = 0$ при наличии омических потерь $\gamma_{ohm} \neq 0$. Записать выражение для коэффициента поглощения $Q = 1 - R - T$.

Задача 3. Возбуждение двух связанных мод в двумерном массиве резонаторов.

- Показать, что выполняются следующее утверждение для коэффициентов связи темной и светлой мод: $g_1 + g_2^* = 0$, и можно выбрать фазы таким образом, что $g_1 = g_2 = ig$. (1 балл)
- Найти собственные частоты системы. Записать уравнения и получить выражение для коэффициента отражения в базисе собственных мод. (4 балла)

Задача 4. Получить систему уравнений, описывающую распространение ТМ мод в одномерных оптических волноводах.

Задача 5. Одномерный диэлектрический волновод, показатель преломления сердцевинны которого равен 2.5, а показатель преломления оболочки равен 1.5,

$$n(x) = \begin{cases} 2.5, & -d/2 < x < d/2 \\ 1.5, & |x| > d/2 \end{cases}$$

поддерживает 4 низшие моды.

А) Чему равен размер сердцевины d ?

В) Чему равен эффективный показатель преломления?

С) Рассмотреть геометрооптическую интерпретацию распространения света в данном волноводе вдоль оси z . Чему равны углы отражения геометрооптических лучей при $|x| = d/2$?

Задача 6. Построить дисперсионные кривые ТЕ и ТМ мод одномерного фотонного кристалла, состоящего из двух слоёв толщинами d_1 и d_2 , диэлектрическая проницаемость которых равна ε_1 и ε_2 соответственно.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка		Критерии оценивания
Зачтено	Превосходно	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.
	Отлично	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.
	Очень хорошо	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.
	Хорошо	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.
	Удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для

Оценка		Критерии оценивания
		решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
Не зачтено	Неудовлетворительно	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.
	Плохо	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 объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<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 некоторыми и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми 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

5.3.2 Типовые задания, выносимые на промежуточную аттестацию:

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

Задача 1. Определить длины волн и добротности низших дипольных резонансов (электрического и магнитного) сферической частицы. Определить длины волн, соответствующие минимальному рассеянию вперед и минимальному рассеянию назад при рассеянии плоской линейно-поляризованной волны на сферической частице (условие Керкера).

- частица из кремния, радиус 100 нм
- частица из стекла, радиус 1 мм.

Задача 2. Возбуждение одной резонансной моды в двумерном массиве резонаторов. Показать, что выполняются следующие утверждения для коэффициентов связи κ_L и κ_R возбуждаемой моды с падающей волной слева или справа:

- $\kappa_L + \kappa_R^* = 0$ при отсутствии омических потерь $\gamma_{ohm} = 0$,
- $\kappa_L = \kappa_R = ik$ в случае симметричной структуры относительно направлений падения волны слева и справа,
- $\kappa_L + \kappa_R^* = 0$ при наличии омических потерь $\gamma_{ohm} \neq 0$. Записать выражение для коэффициента поглощения $Q = 1 - R - T$.

Задача 3. Возбуждение двух связанных мод в двумерном массиве резонаторов.

- Показать, что выполняется следующее утверждение для коэффициентов связи темной и светлой мод: $g_1 + g_2^* = 0$, и можно выбрать фазы таким образом, что $g_1 = g_2 = ig$. (1 балл)
- Найти собственные частоты системы. Записать уравнения и получить выражение для коэффициента отражения в базисе собственных мод. (4 балла)

Задача 4. Получить систему уравнений, описывающую распространение ТМ мод в одномерных оптических волноводах.

Задача 5. Одномерный диэлектрический волновод, показатель преломления сердцевинны которого равен 2.5, а показатель преломления оболочки равен 1.5,

$$n(x) = \begin{cases} 2.5, & -d/2 < x < d/2 \\ 1.5, & |x| > d/2 \end{cases}$$

поддерживает 4 низшие моды.

- Чему равен размер сердцевинны d ?
- Чему равен эффективный показатель преломления?
- Рассмотреть геометрооптическую интерпретацию распространения света в данном волноводе вдоль оси z . Чему равны углы отражения геометрооптических лучей при $|x| = d/2$?

Задача 6. Построить дисперсионные кривые ТЕ и ТМ мод одномерного фотонного кристалла, состоящего из двух слоёв толщинами d_1 и d_2 , диэлектрическая проницаемость которых равна ϵ_1 и ϵ_2 соответственно.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
--------	---------------------

Оценка		Критерии оценивания
Зачтено	Превосходно	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.
	Отлично	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.
	Очень хорошо	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.
	Хорошо	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.
	Удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. 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	Неудовлетворительно	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.
	Плохо	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.

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

Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) 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 - Собеседование)

Оценка		Критерии оценивания
	Превосходно	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.
	Отлично	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.

Оценка		Критерии оценивания
Зачтено	Очень хорошо	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.
	Хорошо	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.
	Удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. 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	Неудовлетворительно	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.
	Плохо	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.

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

а) основная литература:

- 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>
- 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/>

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: 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.

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

Автор:

Смирнова Д.А.

Заведующий кафедрой: Господчиков Егор Дмитриевич, кандидат физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 30.06.2022 г., протокол № 3.