

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Физический факультет

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 13 от 30.11.2022 г.

Рабочая программа дисциплины

Общий физический практикум (колебания и волны, оптика)

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность
28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Направленность образовательной программы
Материалы микро- и наносистемной техники

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Общий физический практикум (колебания и волны, оптика)» относится к базовой части, является обязательным для освоения, преподается на 2 году обучения, в 2 семестре.

Цели освоения дисциплины.

главной целью дисциплины «Общий физический практикум (колебания и волны, оптика)» является приобретение практических навыков исследований с применением законов теории колебаний и волн и волновой оптики. Для усвоения данного курса необходимо знание основных физических законов и явлений в объеме школьного курса физики и дисциплин «Механика», «Термодинамика и молекулярная физика», «Электричество и магнетизм».

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

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
ОПК-1 Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования	ОПК 1.1 Знает фундаментальные законы физики и математики, методы математического анализа и моделирования ОПК 1.2 Умеет решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общеинженерных знаний ОПК 1.3 Иметь навыки применения физических законов и математических методов для решения задач профессиональной деятельности теоретического и прикладного характера	Знать: фундаментальные законы теории колебаний и волн Уметь: решать задачи деятельности на основе применения фундаментальных законов теории колебаний и волн Владеть: навыками применения законов теории колебаний и волн для решения задач профессиональной деятельности теоретического и прикладного характера	Допуск к лабораторным работам	Зачет отчеты
ОПК-3 Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	ОПК 3.1 Знает основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, системы стандартизации и сертификации ОПК 3.2 Умеет выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования	Знать основные методы и средства проведения экспериментальных исследований с использованием теории колебаний и волн Уметь выбирать способы и средства измерений в теории колебаний и волн Владеть способами обработки и представления полученных данных и оценки	Допуск к лабораторным работам	Зачет отчеты

	ОПК 3.3 Владеет способами обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений	погрешности результатов измерений		
--	--	-----------------------------------	--	--

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине , характеризующие этапы формирования компетенций
ОПК-2: Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	(ОПК-2) Знать особенности работы на оборудовании, необходимом для выполнения лабораторных работ. (ОПК-2) Уметь работать на оборудовании, необходимом для выполнения лабораторных работ. (ОПК-2) Владеть навыками обработки данных, полученных в эксперименте.
УК-3. Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде	(УК-3) Знать правила техники безопасности при проведении лабораторных работ. (УК-3) Уметь проводить исследования в малой группе. (УК-3) Владеть навыками организации проведения эксперимента в малой группе.

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	64
- КСР	2
самостоятельная работа	43
Промежуточная аттестация	зачет

Содержание дисциплины «Общий физический практикум (колебания и волны, оптика)»

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе	
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них	Самостоятельная работа обучающегося

		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Консультации	Всего	
	4 семестр						
«Колебания и волны. Оптика»	107	–	–	64	–	64	43
В т.ч. текущий контроль	1						
Промежуточная аттестация – зачет							

Содержание разделов дисциплины «Общий физический практикум (колебания и волны, оптика)»

Раздел «Колебания и волны. Оптика» (Список лабораторных работ)

1. Приборы для изучения переменных электрических процессов.
2. Фурье-анализ периодических сигналов.
3. Электромагнитные колебания в двухпроводной линии Лехера.
4. Колебания в линейных системах с двумя степенями свободы.
5. Определение импеданса в цепях с конденсатором и омическим сопротивлением.
6. Дифференцирующие и интегрирующие цепочки: практикум.
7. Изучение интерференции света в схеме с бипризмой Френеля.
8. Собственные колебания в контуре.
9. Сложение ультразвуковых колебаний.
10. Дифракция Фраунгофера от простейших преград.
11. Дифракция Френеля от простейших преград.
12. Изучение вынужденных колебаний в колебательном контуре.

4. Образовательные технологии

Занятия по дисциплине проходят в лабораториях физического практикума в форме практических занятий, на которых проводятся обсуждения рассматриваемых лабораторных работ, самостоятельного выполнения студентами лабораторных работ и защиты отчета по лабораторной работе. Самостоятельная работа включает в себя теоретическую подготовку к занятиям по материалам лекций и рекомендованной литературе, приведенной в конце данной программы.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа студентов предусматривает изучение рекомендованной литературы и подготовку к выполнению лабораторных работ. Оценочные средства для контроля текущей успеваемости включают в себя устный опрос. Для контроля промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины используются отчеты по лабораторным работам.

Вопросы для контроля.

Разделы «Колебания и волны. Оптика»

Вопросы к лабораторной работе «Приборы для изучения переменных электрических процессов»

1. Что такое действующее (эффективное) значение электрического напряжения?
2. Выведите уравнения фигур Лиссажу при гармонических колебаниях одинаковой амплитуды с соотношением частот 1:1, 1:2, 1:3.

Вопросы к лабораторной работе «Фурье-Анализ периодических сигналов»

1. Измерьте зависимости напряжения от времени всех 4 видов сигналов, формируемых генератором LD Didactic 522 56. Каждый вид сигнала получите при нескольких частотах и амплитудах напряжения.
Получить осциллограммы этих же сигналов на электронном осциллографе. Определите частоты амплитуды сигналов с помощью осциллографа.
2. Измерьте зависимости напряжения от времени для синусоидальных сигналов не менее трёх различных частот. Частоты выберите из разных диапазонов (разные положения регулятора грубой регулировки частота генерируемого сигнала). Проведите эксперимент как с постоянной составляющей амплитуды выходного сигнала равной нулю, так и при отличных от нуля значениях. Получите частотные спектры измеренных сигналов. Определите частоты, на которых наблюдаются максимумы спектра. Как влияет наличие ненулевой постоянной составляющей амплитуды синусоидального выходного сигнала на его частотный спектр?
Для получения корректных частотных спектров не забывайте задавать соответствующие эксперименту "Параметры измерения" в одноимённом диалоговом окне.
3. Для одного из синусоидальных сигналов получите значение определенного интеграла от напряжения по времени на четверти периода.
4. Получите частотные спектры нескольких несинусоидальных сигналов. Проведите сравнительный анализ всех полученных в работе спектров.

Вопросы к лабораторной работе «Электромагнитные волны в двухпроводной линии Лехера»

1. Собрать установку под строгим контролем лаборанта или преподавателя. Подготовить необходимое оборудование для выполнения данной лабораторной работы: зонд, индукционную петлю, указательные стрелки, линейку, таблицы для записи результатов измерений.
2. Замкнуть концы проводников линии Лехера специальной проводящей перемычкой. С помощью зонда провести поиск узлов напряжения и с помощью индукционной петли - поиск узлов тока стоячей волны в короткозамкнутой линии Лехера по методике, описанной в разделах 4.2 и 4.3.
3. Убрать перемычку, замыкающие проводники линии Лехера, и аналогичным образом провести поиск узлов напряжения стоячие волны в открытой линии Лехера.
4. Подсоединить удлинитель к концам открытой линии Лехера. Зная провести поиск узлов напряжения и тока с помощью зонда индукционной петли по вышеописанной методике.
5. Пользуясь методикой, изложенные в разделе 4.5, вычислить оптимальное значение длины электромагнитной волны в линии Лехера, применив метод наименьших квадратов. Рассчитать погрешность полученного значения длины волны. Вычисление провести для различных типов линии Лехера и проанализировать полученные результаты.

Вопросы к лабораторной работе «Колебания в линейных системах с двумя степенями свободы»

1. Определите коэффициент упругости пружины либо по периоду колебаний груза на пружине, либо используя закон Гука.
2. Рассчитайте и определите экспериментально частоты первой и второй мод для двух идентичных маятников, подобрав начальные условия возбуждения по отдельности. В качестве дополнительного задания определить коэффициент затухания для некоторых связей каждой из мод.
3. Получите экспериментальную зависимость амплитуды колебаний (биений) одного из маятников от времени для нескольких положений пружины связи. Начальные фазы и амплитуды колебаний взять равными.
4. Получите теоретическую зависимость амплитуды вынужденных колебаний одного из маятников в зависимости от частоты вынуждающей силы.

5. Экспериментально исследуйте зависимость амплитуды вынужденных колебаний одного из маятников (в установившемся режиме) от частоты вынуждающей силы. Исследования целесообразно начать с больших ω . Сравните полученные результаты с расчётными.
6. Получите экспериментальные зависимости U_{c1} и U_{c2} от частоты для связанных контуров при двух значениях $R < 10$ Ом. Сравните полученные результаты с расчётными.
7. Получите экспериментальную зависимость сдвига фаз между U_{c1} и U_{c2} от частоты. Сравните полученные результаты с теоретическими.

Вопросы к лабораторной работе «Определение импеданса в цепях с конденсатором и омическим сопротивлением»

1. Чему равны импедансы идеальной емкости C , индуктивности L , резистора R ?
2. Каковы правила сложения импедансов при последовательном и параллельном включении элементов цепи?
3. В каких пределах лежит сдвиг фаз между током и напряжением в рассмотренных цепях?

Вопросы к лабораторной работе «Дифференцирующие и интегрирующие цепочки»

1. Четырёхполосник, изображенный на Рис.1 осуществляет интегрирование тем точнее, чем больше постоянная времени цепочки RC , а четырёхполосник, изображенный на рис.2 осуществляет дифференцирование тем точнее, чем меньше RC .

Почему нельзя взять в первом случае $RC = \infty$, а во втором $RC = 0$?

2. Какому условию должен удовлетворять измерительный прибор, включенный на выход интегрирующего или дифференцирующего четырёхполосника?

Вопросы к лабораторной работе «Изучение интерференции света в схеме с бипризмой Френеля»

1. Почему уширение щели приводит к исчезновению интерференционной картины, а удлинение щели не приводит? Как влияет на картину удлинение щели?
2. Какое число максимумов интерференции получится от двух точечных источников ($\delta \gg \lambda$)? Какова будет форма максимумов на плоском безграничном экране, расположенном:
 - а) Перпендикулярно к прямой, проходящей через источники. По одну сторону от обоих источников;
 - б) Параллельно прямой, проходящей через источники?
3. Как изменится интерференционная картина, если закрыть обе половинки бипризмы скрещенными поляроидами?

Вопросы к лабораторной работе «Собственные колебания в контуре»

1. Собрать схему, как указано на рис. 6. В качестве батареи B использовать аккумулятор напряжением 4-6 вольт.
2. Включить осциллограф и питания реле и, регулируя вертикальное усиление, частоту развертки и синхронизацию, добиться на экране картины, подобной изображенной на рис. 7. Снять полученную картину на кальку при $R_0 = 0$.
3. Из полученного чертежа определить масштаб времени и период колебаний T . Измеряя экстремальные значения, определить декремент затухания d . Подумать, как использовать полученную осциллограмму, чтобы определить T и d с максимальной точностью.
4. Зная декремент затухания и "период" колебаний, рассчитать частоту $\nu = \frac{1}{T}$, круговую частоту ω , добротность Q , коэффициент затухания δ . Используя известную емкость

конденсатора, вычислить индуктивность контура L , эквивалентное сопротивление потерь контура R , характеристическое и критическое сопротивление контура ρ и $R_{кр}$.

5. Измеряя сопротивление R_0 , снять несколько осциллограмм для разных его значений, каждый раз производя измерения R_0 при помощи омметра или мостика. Следует снять осциллограммы напряжения на конденсаторе $V(t)$ для случаев, когда сопротивление контура R меньше критического, равно критическому и больше критического.

6. Получить на экране осциллографа и зарисовать на кальку несколько фазовых траекторий при различных значениях сопротивления R_0 . Объяснить изменения, получаемое в фазовых траекториях.

Вопросы к лабораторной работе «Изучение вынужденных колебаний в колебательном контуре»

1. Постройте векторные диаграммы для напряжений и токов в контуре при частотах $\omega < \omega_0$, $\omega = \omega_0$, $\omega > \omega_0$.
2. Получите с помощью векторной диаграммы формулы $I = \frac{\varepsilon}{\sqrt{r^2 + (\frac{1}{\omega C} - \omega L)^2}}$, $tg\varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{r}$.
3. Почему при изменении частоты, чтобы поддерживать постоянной амплитуду напряжения на выходе звукового генератора, нужно изменить положение потенциометра, регулирующего величину выходного напряжения?
4. Определите, сколько времени устанавливаются колебания в изучаемом контуре.
5. Изобразите графически процесс установления колебаний в контуре при $\omega = \omega_0$, и $\omega \neq \omega_0$.

Вопросы к лабораторной работе «Сложение ультразвуковых колебаний»

1. Методом векторных диаграмм сложите два одинаково направленных гармонических колебания:
 $S_1 = A_1 \sin(2\pi\nu_1 t + \varphi_1)$
 $S_2 = A_2 \sin(2\pi\nu_2 t + \varphi_2)$
2. Дайте определение когерентных колебаний. Докажите, что для когерентных колебаний справедливо равенство $\nu_1 = \nu_2$. Исследуйте зависимость амплитуды результирующего колебания от разности начальных фаз складываемых когерентных колебаний. (Использовать для расчётов аналитический метод и метод комплексных амплитуд)
3. Дайте определение времени когерентности двух складываемых колебаний.

Вопросы к лабораторной работе «Дифракция Фраунгофера от простейших преград»

1. Определение поляризации лазерного излучения
2. Определение длины волны лазерного излучения при помощи решётки с известным периодом $d = 10^{-2}$ мм.
3. Дифракция Фраунгофера на щели
4. Опыт с двумя щелями
5. Измерение радиуса мелких круглых частиц
6. Дифракция Фраунгофера на круглом отверстии

Вопросы к лабораторной работе «Дифракция Френеля от простейших преград»

1. Сформулируйте принцип Гюйгенса-Френеля.
2. Сформулируйте методы сложения колебаний.
3. Оцените размеры зон Френеля.

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (в приложении) включающий: Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

УК-3. Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде

Индикаторы компетенции	ОЦЕНКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможно 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, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможно 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 отдельными несущественным и 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 владения материалом. Невозможно 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 недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрированы творческий подход к решению нестандартных задач
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%

ОПК-2: Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные

Индикаторы компетенции	ОЦЕНКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	Превосходно

<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможно 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, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможно оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным и недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов.
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможно 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 недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы творческий подход к решению нестандартных задач.
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%

6.2 Описание шкал оценивания

зачтено – успешное выполнение практических заданий, выданных преподавателем, владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, умение самостоятельно обозначить точки активного роста нового знания.

не зачтено – невыполнение практических заданий, выданных преподавателем, полное непонимание смысла проблем, не достаточно полное владение терминологией, неумение самостоятельно обозначить проблемные ситуации.

6.3 Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по модулю, характеризующих этапы формирования компетенций.

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- индивидуальное собеседование,
- письменные ответы на вопросы.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии: практические контрольные задания. Типы практических контрольных заданий:

- установление последовательности (описать алгоритм выполнения действия),
- указать возможное влияние факторов на последствия реализации умения и т.д.
- отчет

6.4 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

(В приложении)

6.5 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

(В приложении)

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Общий физический практикум (колебания и волны, оптика)»

а) основная литература:

Разделы «Колебания и волны. Оптика»

1. Ландсберг Г. С. - Оптика: [для физ. специальностей вузов]. - М.: Наука, 1976. - 926 с.
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=81332&DB=1>
2. Матвеев А.Н. Оптика. М.: Высшая школа, 1985.
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=342145&DB=1>
3. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т.4. Оптика. М.: Наука, 1980.
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=66967&DB=1>
4. Физический практикум. Электричество и оптика. Под ред. Ивероновой В.И. М.: Наука, 1968. <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Iveronova1968ru.djvu>

б) дополнительная литература:

Разделы «Колебания и волны. Оптика»

1. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. М. Наука, 1973.
<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/BornVolf1973ru.djvu>
2. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. М.: Мир, 1965-1967. Том 3. Излучение. Волны. Кванты .
http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/FejnmmanLejtonSends_t3_1965ru.djvu

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

<http://phys.unn.ru/library.asp?contenttype=Library>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины «Общий физический практикум (колебания и волны, оптика)»

- помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования и помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ;
- лабораторное оборудование

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Авторы: доценты кафедры КРЭФ Зайцева Е.В., Каткова М.Р., Марычев М.О.

Заведующий кафедрой _____ Е.В. Чупрунов

Рецензент

Зам. декана по учебной работе

О.В. Белова

Программа одобрена на заседании Учебно-методической комиссии физического факультета
ННГУ от «_____» _____ 2022 года, протокол № б/н

Председатель

Учебно-методической комиссии

физического факультета ННГУ _____ / Перов А.А. /