

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный
университет им. Н.И. Лобачевского»**

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДАЮ

Декан радиофизического факультета

_____ В.В. Матросов

“ ____ ” _____ 2021 г.

Рабочая программа дисциплины

Лазерная физика

Направление подготовки
03.06.01 Физика и астрономия

Направленность подготовки
01.04.21 Лазерная физика

Квалификация выпускника
Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения
Очная

Нижний Новгород
2021

1. Место и цели дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы (ОПОП)

Дисциплина "Лазерная физика" относится к числу профессиональных дисциплин и обязательна для освоения в 6 семестре.

Освоение курса опирается на знания, умения, навыки и компетенции, сформированные на двух предшествующих уровнях образования в курсах математического анализа, дифференциальных уравнений, общей физики, электродинамики, физики волновых процессов, квантовой радиофизики, нелинейной оптики.

Целью освоения дисциплины является формирование целостной системы знаний по лазерной физике.

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

Таблица 1

Планируемые результаты обучения по дисциплине

Код формируемой компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
ПК-1	З1 Знать Основные концепции современной лазерной физики У1 Уметь Работать на современном оптическом и измерительном оборудовании В1 Владеть Современными теоретическими и экспериментальными методами исследований В2 Владеть Навыками чтения и восприятия научной литературы на английском языке
ПК-2	З1 Знать Современное состояние исследований в области лазерной физики У1 Уметь Определять наиболее актуальные направления исследований В1 Владеть Навыками формулирования задач для членов исследовательской группы
ПК-3	З1 Знать Требования к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях У1 Уметь Представлять результаты исследований в виде публикаций в научных изданиях В1 Владеть Навыками представления докладов и ведения научной дискуссии на русском и английском языках
ПК-4	З1 Знать Нормативные документы для составления заявок на гранты, проектов НИР У1 Уметь Готовить заявки на получение грантов и составлять технические задания для заключения контрактов по НИР в области лазерной физики У2 Уметь Оценивать инновационную составляющую полученных результатов

3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 4 зачетные единицы, всего 144 часа, из которых 108 часов составляет самостоятельная работа обучающегося, 36 часов - экзамен.

Таблица 2

Структура дисциплины

Наименование раздела дисциплины	Всего, часов	В том числе					Самостоятельная работа обучаю- щегося, часов
		Контактная работа, часов					
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Консультации	Всего	
Линейная оптика							15
Взаимодействие лазерного излучения с веществом							48
Физика лазеров							25
Элементы квантовой оптики							20
Аттестация по дисциплине (экзамен)	36						
Итого	144						108

Таблица 3

Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Форма проведения занятия	Форма текущего контроля
	Линейная оптика	Уравнения Максвелла. Волновое уравнение. Теорема Пойнтинга. Дисперсия. Кристаллооптика. Приближение геометрической оптики. Матричная оптика. Дифракция света. Квазиоптическое (параксиальное) приближение при описании световых пучков. Рассеяние света. Когерентность световых волн. Волны в пространственно-периодических средах. Метаматериалы. Термодинамика излучения.	Самостоятельная работа.	-
	Взаимодействие лазерного излучения с веществом	Основные механизмы оптической нелинейности. Тензор нелинейно-оптической восприимчивости. Уравнения для связанных волн в нелинейной среде. Генерация гармоник в среде с “квадратичной” нелинейностью. Параметрическое усиление и генерация. Вынужденное рассеяние. Обращение волнового фронта при вынужденном рассеянии световых пучков. Четырехволновое взаимодействие световых пучков в нелинейных средах. Самовоздействие све-	Самостоятельная работа.	-

		товых пучков. Неустойчивость плоской волны в среде с “кубичной” нелинейностью. Одно- и многофотонная ионизация атомов и молекул. Туннельная и надбарьерная ионизация атомов и ионов. Пробой газов лазерным излучением. Нагрев и испарение твердых тел лазерным излучением. Атом в сверхсильном поле.		
	Физика лазеров	Переходы в атоме с участием электромагнитного излучения. Механизмы уширения спектральных линий. Эффекты насыщения усиления и поглощения. Коэффициент усиления непрерывного усилителя. Коэффициент усиления импульсного усилителя. Открытые резонаторы. Стационарная генерация. Уравнение для разности населенностей для 3-х-уровневой модели. Уравнение для разности населенностей для 4-х-уровневой модели. Уравнение для интенсивности поля в резонаторе. Время установления стационарного режима и релаксационная частота для 4-х-уровневой модели. Модуляция добротности. Генерация на двух и более продольных модах. Селекция мод. Газовые лазеры. Твердотельные лазеры. Когерентное взаимодействие света с двухуровневой средой. Усиление фемтосекундных импульсов и способы получения сверхсильных оптических полей. Методы измерения параметров фемтосекундных импульсов.	Самостоятельная работа.	-
	Элементы квантовой оптики	Квантование электромагнитного поля. Гамильтониан квантованного поля. Канонические переменные. Операторы напряженности электрического и магнитного полей. Разложение поля по радиационным осцилляторам. Операторы рождения и уничтожения. Концепция фотона. Пределы применимости классического описания поля. Фоковское, когерентное и сжатое состояния поля. Статистика фотонов. Формула Мандела. Перепутанные состояния света. Парадокс Эйнштейна—Подольского—Розена. Состояния Белла. Неравенства Белла. Квантовая криптография. Квантовая телепортация.	Самостоятельная работа.	-

4. Образовательные технологии

Технологии электронного обучения, технологии комплексной оценки знаний обучающихся.

5. Формы организации и контроля самостоятельной работы обучающихся

Виды самостоятельной работы: в читальном зале библиотеки и на кафедрах с доступом к ресурсам Интернет.

Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим обеспечением, включающим учебники и учебно-методические пособия.

6. Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине

6.1. 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 приведено в приложении 1.

6.2. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине. Описание шкал оценивания

Процедура аттестации: для оценки результатов обучения в виде знаний – индивидуальное собеседование, для оценки результатов обучения в виде умений и владений – практические контрольные задания, описывающие проблемные и нестандартные ситуации.

Шкала оценивания: оценка по пятибалльной шкале. Оценивание знаний и умений обучаемого производится в соответствии с критериями компетенций, приведенными в п.6.1., а также на основе решения обучающимся модельных и практических задач, предложенных преподавателем в процессе тестирования.

6.3. Примеры типовых контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенций

Вопросы для контроля

Линейная оптика

Уравнения Максвелла. Волновое уравнение. Теорема Пойнтинга. Бегущие недеформирующиеся волны: плоские, сферические, цилиндрические. Поляризация световых волн. Вектор Джонса. Параметры Стокса. Матрицы Мюллера.

Временная дисперсия. Распространение оптических импульсов. Фазовая и групповая скорости. Дисперсионное искажение импульса. Энергия электромагнитного поля в диспергирующей среде.

Отражение и преломление волн на границе раздела двух сред. Закон Снелля. Формулы Френеля. Явления Брюстера и полного (внутреннего) отражения. Отражение от поверхности металла.

Кристаллооптика. Нормальные волны в одноосном кристалле. Поверхности нормалей. Лучи, лучевые поверхности. Двулучепреломление. Фазовые пластинки.

Приближение геометрической оптики при описании световых волн в неоднородных средах. Уравнение эйконала и уравнение переноса. Область применимости приближения. Описание световых пучков с помощью лучей.

Матричная оптика. Матричный метод описания лучей в центрированных оптических системах. Матрицы оптического промежутка и сферической преломляющей поверхности. Матрицы некоторых простых оптических систем. Физический смысл элементов матрицы. Правило ABCD.

Дифракция света. Метод Кирхгофа. Зоны Френеля. Волновой параметр. Дифракция Френеля и дифракция Фраунгофера. Принцип Бабинне.

Квазиоптическое (параксиальное) приближение при описании световых пучков. Параболическое уравнение. Решения параболического уравнения в однородной среде. Гауссов пучок. Комплексный параметр пучка, ширина пучка, длина Рэлея, радиус кривизны волнового фронта, расходимость пучка. Фокусировка гауссовых пучков.

Рассеяние света. Рассеяние Рэлея и рассеяние Ми. Рассеяние Мандельштама–Бриллюэна. Комбинационное (рамановское) рассеяние.

Временная и пространственная когерентность световых волн. Продольный и поперечный масштабы когерентности. Когерентность излучения тепловых источников. Дифракция случайных волновых полей, теорема Ван Циттерта-Цернике.

Волны в пространственно-периодических средах. Запрещенная зона. Фотонные кристаллы. Волноводы на основе фотонных кристаллов.

Метаматериалы. Левые среды. Бианизотропные среды.

Термодинамика излучения. Закон Стефана-Больцмана. Закон смещения Вина. Формулы Рэлея-Джинса и Планка.

Взаимодействие лазерного излучения с веществом

Основные механизмы оптической нелинейности. Электронная, керровская (ориентационная), стрикционная, тепловая, фоторефрактивная нелинейности.

Тензор нелинейно-оптической восприимчивости. Среды с “квадратичной” и “кубической” нелинейностью.

Уравнения для связанных волн в нелинейной среде. Приближение медленно меняющихся амплитуд. Условия синхронизма для нелинейных взаимодействий световых волн.

Удвоение частоты света в среде с “квадратичной” нелинейностью. Условия синхронизма. Первый и второй типы взаимодействия при удвоении частоты в кристаллах.

Генерация суммарной частоты в среде с “квадратичной” нелинейностью. Соотношения Мэнли-Роу. Генерация разностной частоты.

Параметрическое усиление и генерация. Одно- и двухрезонаторные параметрические генераторы света. Частотная перестройка параметрического генератора.

Вынужденное рассеяние световых пучков. Основные механизмы вынужденного рассеяния. Пороговая мощность, режим насыщения.

Вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна. Стационарное и нестационарное рассеяние. Вынужденное температурное рассеяние.

Вынужденное комбинационное рассеяние света. Параметрическая связь “стоксовой” и “анти-стоксовой” компонент при вынужденном комбинационном рассеянии.

Обращение волнового фронта (ОВФ) при вынужденном рассеянии световых пучков. Условия существования ОВФ при вынужденном рассеянии Мандельштама-Бриллюэна. Использование эффекта ОВФ.

Четырехволновое взаимодействие световых пучков в нелинейных средах. Вырожденное и невырожденное взаимодействия. ОВФ при четырёхволновом взаимодействии.

Самовоздействие световых пучков. Основные проявления самовоздействия в среде с “кубической” нелинейностью (самомодуляция, самофокусировка или самодефокусировка).

Самофокусировка светового пучка. Критическая мощность. Безаберрационное приближение при описании самофокусировки. Многофокусность.

Неустойчивость плоской волны в среде с “кубической” нелинейностью. Связь неустойчивости и самофокусировки волн.

Одно- и многофотонная ионизация атомов и молекул. Туннельная и надбарьерная ионизация атомов и ионов. Пондеромоторное ускорение фотоэлектронов. Уширение спектра. Генерация высоких оптических гармоник.

Пробой газов лазерным излучением. Нагрев и испарение твердых тел лазерным излучением.

Атом в сверхсильном поле. Формула Келдыша, многофотонный и туннельный пределы.

Физика лазеров

Переходы в атоме с участием электромагнитного излучения. Спонтанные и вынужденные переходы. Коэффициенты Эйнштейна.

Механизмы уширения спектральных линий. Однородное и неоднородное уширение.

Эффекты насыщения усиления и поглощения. Сечение перехода. Интенсивность насыщения.

Коэффициент усиления непрерывного усилителя.

Коэффициент усиления импульсного усилителя. Формула Франца-Нодвига.

Открытые резонаторы. Области устойчивости и неустойчивости. Собственные моды устойчивого резонатора. Дифракционные потери. Условие самовозбуждения открытого резонатора.

Стационарная генерация. Оптимальный коэффициент отражения зеркала (резонатор Фабри-Перо и кольцевой резонатор).

Уравнение для разности населенностей для 3-х-уровневой модели. Выходная мощность непрерывного генератора.

Уравнение для разности населенностей для 4-х-уровневой модели. Выходная мощность непрерывного генератора.

Уравнение для интенсивности поля в резонаторе. Время установления стационарного режима и релаксационная частота для 3-х-уровневой модели.

Время установления стационарного режима и релаксационная частота для 4-х-уровневой модели. Свободная генерация.

Модуляция добротности: идея, уравнения, оптимальный коэффициент отражения выходного зеркала, длительность импульса, методы реализации.

Генерация на двух и более продольных модах. Синхронизация мод: идея, уравнения, параметры выходного излучения. Понятие об импульсно-периодическом режиме.

Селекция мод (продольных, поперечных, поляризационных). Подавление двунаправленной генерации в кольцевом резонаторе.

Газовые лазеры (химические, фотодиссоционные эксимерные и т.д.).

Твердотельные лазеры. Лазеры на красителях. Полупроводниковые лазеры.

Когерентное взаимодействие света с двухуровневой средой. Нутация. Пи-импульсы. Самоиндуцированная прозрачность. Фотонное эхо.

Усиление фемтосекундных импульсов и способы получения сверхсильных оптических полей. Метод усиления чирпированных импульсов (CPA). Параметрическое усиление чирпированных импульсов (OPCPA).

Методы измерения параметров фемтосекундных импульсов. Сканирующий и одноимпульсный автокорреляторы. Спектральные измерители.

Элементы квантовой оптики

Квантование электромагнитного поля. Гамильтониан квантованного поля. Канонические переменные. Операторы напряженности электрического и магнитного полей. Разложение поля по радиационным осцилляторам. Операторы рождения и уничтожения. Концепция фотона. Пределы применимости классического описания поля. Фоковское, когерентное и сжатое состояния поля. Статистика фотонов. Формула Мандела.

Перепутанные состояния света. Парадокс Эйнштейна—Подольского—Розена. Состояния Белла. Неравенства Белла. Квантовая криптография. Квантовая телепортация.

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

а) Основная литература:

1. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. Изд. 2-е. М.: Наука, 1973.
2. М.Б. Виноградова, О.В. Руденко, А.П. Сухоруков Теория волн. М.: Наука, 1979.
3. Звелто О. - Принципы лазеров: [монография]. - СПб. ; М. ; Краснодар: Лань, 2008. - 720 с. (Звелто О. - Принципы лазеров. - М.: Мир, 1990. - 558 с.)

б) Дополнительная литература:

1. Крюков П.Г. Фемтосекундные импульсы. Введение в новую область лазерной физики. М.: Физматлит, 2008, 208 с.
2. Гудмен Дж. Введение в Фурье-оптику. М., 1970
4. Желтиков А.М., Сверхкороткие импульсы и методы нелинейной оптики.- М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 294с.
5. Желтиков А.М., Микроструктурированные световоды в оптических технологиях - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 191с.
6. Манцызов Б.И. Когерентная и нелинейная оптика фотонных кристаллов. Москва, ФИЗМАТЛИТ, 2009. -208 с.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудиторный фонд ННГУ. Библиотечный фонд ННГУ. Кафедральные компьютеры с выходом в Интернет.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций ОПОП по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия (уровень подготовки кадров высшей квалификации) и направленности 01.04.21 Лазерная физика.

Автор _____ Бакунов М.И.

Рецензент _____ Савикин А.П.

Заведующий кафедрой общей физики _____ Бакунов М.И.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от _____ 2021 года, протокол № ____.

Карты компетенций, в формировании которых участвует дисциплина

Шифр и название КОМПЕТЕНЦИИ:

ПК-1 Способность выполнять научно-исследовательские работы и получать новые научные результаты в области лазерной физики в составе научной группы**ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ**

Тип КОМПЕТЕНЦИИ: Профессиональная компетенция выпускника программы аспирантуры.

ПОРОГОВЫЙ (ВХОДНОЙ) УРОВЕНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ

Для того, чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы аспирантуры, должен:

ЗНАТЬ: базовые разделы высшей математики, теоретической и лазерной физики.**УМЕТЬ:** проводить основные математические преобразования, пользоваться основными измерительными приборами.**ВЛАДЕТЬ:** базовым уровнем английского языка, навыками программирования и использования ресурсов интернета.

Планируемые результаты обучения* (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
ЗНАТЬ: Основные концепции современной лазерной физики	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления об основных концепциях лазерной физики	Неполные представления об основных концепциях лазерной физики	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, представления об основных концепциях лазерной физики	Сформированные систематические представления об основных концепциях лазерной физики
УМЕТЬ: Работать на современном оптическом и измерительном оборудовании	Отсутствие умений	Частично освоенное умение работать на современном оптическом и измерительном оборудовании	В целом успешное, но не систематическое умение работать на современном оптическом и измерительном оборудовании	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение работать на современном оптическом и измерительном оборудовании	Успешное и систематическое умение работать на современном оптическом и измерительном оборудовании

			рудовании	вании	
ВЛАДЕТЬ: Современными теоретическими и экспериментальными методами исследований	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение современных теоретических и экспериментальных методов исследований	В целом успешное, но не систематическое применение современных теоретических и экспериментальных методов исследований	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение современных теоретических и экспериментальных методов исследований	Успешное и систематическое владение современными теоретическими и экспериментальными методами исследований
ВЛАДЕТЬ: Навыками чтения и восприятия научной литературы на английском языке	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков чтения и восприятия научной литературы на английском языке	В целом успешное, но не систематическое применение навыков чтения и восприятия научной литературы на английском языке	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков чтения и восприятия научной литературы на английском языке	Успешное и систематическое владение навыками чтения и восприятия научной литературы на английском языке

Шифр и название КОМПЕТЕНЦИИ:

ПК-2 Способность самостоятельно ставить научные задачи и формулировать новые идеи в области лазерной физики

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Тип КОМПЕТЕНЦИИ: Профессиональная компетенция выпускника программы аспирантуры.

ПОРОГОВЫЙ (ВХОДНОЙ) УРОВЕНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ

Для того, чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы аспирантуры, должен:

ЗНАТЬ: основы лазерной физики.

УМЕТЬ: выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах.

ВЛАДЕТЬ: базовым уровнем английского языка, навыками использования ресурсов интернета.

Планируемые результаты обучения* (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5

ЗНАТЬ: Современное состояние исследований в области лазерной физики	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о современном состоянии исследований в области лазерной физики	Неполные представления о современном состоянии исследований в области лазерной физики	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современном состоянии исследований в области лазерной физики	Сформированные систематические представления о современном состоянии исследований в области лазерной физики
УМЕТЬ: Определять наиболее актуальные направления исследований	Отсутствие умений	Частично освоенное умение определять наиболее актуальные направления исследований	В целом успешное, но не систематическое умение определять наиболее актуальные направления исследований	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение определять наиболее актуальные направления исследований	Успешное и систематическое умение определять наиболее актуальные направления исследований
ВЛАДЕТЬ: Навыками формулирования задач для членов исследовательской группы	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков формулирования задач для членов исследовательской группы	В целом успешное, но не систематическое применение навыков формулирования задач для членов исследовательской группы	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков формулирования задач для членов исследовательской группы	Успешное и систематическое владение навыками формулирования задач для членов исследовательской группы

Шифр и название КОМПЕТЕНЦИИ:

ПК-3 Способность представлять полученные результаты научному сообществу и – в доступной форме – широкой общественности

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Тип КОМПЕТЕНЦИИ: Профессиональная компетенция выпускника программы аспирантуры.

ПОРОГОВЫЙ (ВХОДНОЙ) УРОВЕНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ

Для того, чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы аспирантуры, должен:

ЗНАТЬ: основные формы научной коммуникации.

УМЕТЬ: использовать современные компьютерные средства подготовки презентаций.

ВЛАДЕТЬ: способностью к коммуникации в устной и письменной формах на русском и английском языках.

Планируемые результаты обучения* (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
ЗНАТЬ: Требования к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях	Общие представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей, наличие однократного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях	Сформированные представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей, наличие неоднократного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях
УМЕТЬ: Представлять результаты исследований в виде публикаций в научных изданиях	Отсутствие умений	Фрагментарное использование методов подготовки научных результатов к публикации в научных изданиях	В целом успешное, но не систематическое использование методов подготовки научных результатов к публикации в научных изданиях	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование методов подготовки научных результатов к публикации в научных изданиях	Сформированное умение использовать методы подготовки научных результатов к публикации в научных изданиях
ВЛАДЕТЬ: Навыками представления докладов и ведения научной дискуссии на русском и английском языках	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков представления докладов и ведения научной дискуссии на русском и английском языках	В целом успешное, но не систематическое применение навыков представления докладов и ведения научной дискуссии на русском и английском языках	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков представления докладов и ведения научной дискуссии на русском и английском языках	Успешное и систематическое владение навыками представления докладов и ведения научной дискуссии на русском и английском языках

Шифр и название КОМПЕТЕНЦИИ:

ПК-4 Способность к составлению конкурсных заявок на гранты и отчетов по выполненным НИР, а также к коммерциализации научных результатов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Тип КОМПЕТЕНЦИИ: Профессиональная компетенция выпускника программы аспирантуры.

ПОРОГОВЫЙ (ВХОДНОЙ) УРОВЕНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ

Для того, чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы аспирантуры, должен:

ЗНАТЬ: основные принципы конкурсного финансирования науки.

УМЕТЬ: оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации альтернативных вариантов решения исследовательских проектов.

ВЛАДЕТЬ: навыками поиска информации о новейших технических разработках в интернете.

Планируемые результаты обучения*(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
ЗНАТЬ: Нормативные документы для составления заявок на гранты, проектов НИР	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о нормативных документах для составления заявок, грантов, проектов НИР	Неполные представления о нормативных документах для составления заявок, грантов, проектов НИР	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР	Сформированные систематические знания нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР
УМЕТЬ: Готовить заявки на получение грантов и составлять технические задания для заключения контрактов по НИР в области лазерной физики	Отсутствие умений	Умение готовить отдельные материалы для заявки на получение научных грантов по поручению научного руководителя	В целом успешное, но не систематическое использование умения готовить заявки на получение грантов и составлять технические задания для заключения контрактов по НИР в области лазерной физики	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение готовить заявки на получение грантов и составлять технические задания для заключения контрактов по НИР в области лазерной физики	Сформированное умение готовить заявки на получение грантов и составлять технические задания для заключения контрактов по НИР в области лазерной физики
УМЕТЬ: Оценивать инновационную составляющую полученных результатов	Отсутствие умений	Фрагментарное использование умения оценивать инновационную составляющую полученных результатов	В целом успешное, но не систематическое использование умения оценивать инновационную составляющую полученных результатов	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение оценивать инновационную составляющую полученных результатов	Сформированное умение оценивать инновационную составляющую полученных результатов

		ных результатов	полученных результатов	зультатов	
УМЕТЬ: Представлять результаты НИР бизнес-сообществу	Отсутствие умений	Умение представлять результаты НИР узкому кругу специалистов	В целом успешное, но не систематическое представление результатов НИР бизнес-сообществу	Успешное умение представлять результаты НИР бизнес-сообществу	Сформированное умение представлять результаты НИР бизнес-сообществу; определять целевые группы и форматы продвижения результатов собственной научной деятельности
ВЛАДЕТЬ: Навыками составления отчетов по выполненным грантам и НИР в области лазерной физике	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков составления отчетов по выполненным грантам и НИР по поручению научного руководителя	В целом успешное, но не систематическое применение навыков составления отчетов по выполненным грантам и НИР в области лазерной физике	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков составления отчетов по выполненным грантам и НИР в области лазерной физике	Успешное и систематическое применение навыков составления отчетов по выполненным грантам и НИР в области лазерной физике
ВЛАДЕТЬ: Навыками проведения патентного поиска	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков проведения патентного поиска	В целом успешное, но не систематическое проведение патентного поиска	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков проведения патентного поиска	Успешное и систематическое применение навыков проведения патентного поиска