

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,  
профессор, д.ф.-м.н.  
\_\_\_\_\_ В.В. Матросов

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**Акустика (кандидатский экзамен)**

**Уровень образования – подготовка кадров высшей квалификации**

Направление подготовки  
**03.06.01 Физика и астрономия**

Направленность программы  
**01.04.06 «Акустика»**

Квалификация выпускника  
***Исследователь. Преподаватель-исследователь***

Форма обучения  
Очная

Нижний Новгород  
2021

## **1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина «Акустика (кандидатский экзамен)» относится к числу обязательных профессиональных дисциплин вариативной части основной образовательной программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре ННГУ и изучается на 3 году обучения, в 6 семестре.

**Целями освоения дисциплины «Акустика (кандидатский экзамен)» являются:**

- освоение аспирантами дополнительных разделов и глав физической акустики.

Освоение курса опирается на знания, умения, навыки и компетенции, сформированные на двух предшествующих уровнях образования в ходе изучения курсов «Общая акустика».

В процессе изучения дисциплины студенты должны углубить знания по теоретическим основам физической акустики. От аспирантов требуется умение делать несложные оценки применительно к реальным физическим ситуациям. В результате изучения данной дисциплины аспиранты углубляют навыки по практическому использованию акустики, необходимые для решения некоторых прикладных задач (неразрушающей контроль материалов, задачи звукоизоляции, озвучивание залов и др.), которые возникают при работе радиофизиков - исследователей в НИИ и на производстве (судостроение, архитектура, машиностроение).

Знания, полученные в ходе изучения дисциплины «Акустика (кандидатский экзамен)» необходимы для сдачи кандидатского экзамена по направленности 01.04.06 «Акустика».

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

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- способность самостоятельно проводить научно – исследовательские работы и получать новые научные и прикладные результаты в области акустики (ПК-1);
- способность самостоятельно ставить научные задачи и формулировать новые идеи в области акустики (ПК-2);
- способность представлять полученные результаты научному сообществу и широкой общественности в доступной форме (ПК-3).

<b>Код формируемой компетенции</b>	<b>Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций</b>
<i>ПК-1 завершающий</i>	<i>З1 Знать современное состояние науки в области физической акустики</i> <i>З2 Знать современные подходы к моделированию различных явлений в области акустики и оценке полученных результатов</i> <i>В1 Владеть методами планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направленности «Акустика», а именно в области физической акустики</i>
<i>ПК-2 завершающий</i>	<i>З1 Знать методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач с области физической акустики</i> <i>У1 Уметь определять наиболее актуальные направления исследований по тематике исследований</i> <i>У2 Уметь самостоятельно формулировать новые научные задачи в области физической акустики и предполагаемые методы их решения, исходя из тенденций развития науки и этапов профессионального роста</i> <i>В1 Владеть навыками самостоятельной постановки, критического переосмысления и решения новых задач в области физической акустики; навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов</i>
<i>ПК-3 завершающий</i>	<i>З1 Знать требования к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях</i> <i>У1 Уметь самостоятельно интерпретировать результаты научного исследования в области физической акустики</i> <i>В1 Владеть навыками и способами представления данных исследования научному сообществу в понимаемой форме</i>

### 3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, всего 108 часов, из которых 72 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (18 часов занятия лекционного типа, 18 часов групповые консультации, 36 часов мероприятия по аттестации), 36 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

В результате освоения данной дисциплины сдается кандидатский экзамен по направленности 01.04.06 Акустика.

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												Самостоятельная работа обучающегося, часы			
				из них															
	Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Консультации	Всего	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная		
Очная						Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная			
Акустические понятия и величины. Акустика идеальной жидкости. Плоские волны. Сферические волны.	24			6							8			14			10		
Поглощение и дисперсия звуковых волн.	16			4							4			8			8		
Звуковые волны в движущейся и неоднородной среде. Геометрическая акустика.	12			4										4			8		
Элементы теории упругости. Упругие волны в твёрдых телах	16			4							2			6			10		
Промежуточная аттестация																			
Экзамен – 36 часов																			
Итого	108			18							18			36			36		

### Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Форма проведения занятия	Форма текущего контроля
1	Акустические понятия и величины. Акустика идеальной жидкости. Плоские волны. Сферические волны.	1.1. Нелинейные уравнения гидродинамики идеальной жидкости. 1.2. Уравнения линейной акустики идеальной среды. 1.3. Плоская волна - однородная и неоднородная. Излучение плоских волн. 1.4. Величины второго порядка в линейной акустике. Энергия	Лекции, сам.раб.	Устный опрос по вопросам из пункта 5

		звуковых волн. 1.5 Сферически симметричные решения волнового уравнения. 1.6 Объемная скорость. Импеданс сферической волны. 1.7 Акустический диполь.		
2	Поглощение и дисперсия звуковых волн.	2.1. Различные механизмы поглощения звука. 2.2 Уравнение Навье-Стокса 2.3. Линейные уравнения акустики вязкой и теплопроводящей среды	Лекции, сам.раб.	Групповые консультации, устный опрос по вопросам из пункта 5
3	Звуковые волны в движущейся и неоднородной среде. Геометрическая акустика.	3.1 Уравнения акустики движущихся сред. Эффект Доплера. 3.2 Волновое уравнение в плавно неоднородной среде. Геометрическая акустика. Уравнение эйконала. Уравнение луча. 3.3 Рефракция лучей в неоднородной среде. Распространение звука в слоистой атмосфере. 3.4 Обобщенный закон Декарта-Снеллиуса. 3.5 Приближение ВКБ.	Лекции, сам.раб.	Групповые консультации, устный опрос по вопросам из пункта 5
4	Элементы теории упругости. Упругие волны в твердых телах	4.1 Основные виды деформаций упругих тел. Законы линейной теории упругости. 4.2 Волны в стержнях. 4.3. Волны в упругих средах.	Лекции, сам.раб.	Групповые консультации, устный опрос по вопросам из пункта 5

#### 4. Образовательные технологии

При преподавании дисциплины «Акустика (кандидатский экзамен)» используются активные образовательные технологии - лекции с лабораторными демонстрациями с применением технологий интерактивного обучения (презентаций), диалогичная форма проведения лекций и самостоятельная работа аспиранта. Для активизации познавательного процесса слушателям даются задания по самостоятельной подготовке отдельных фрагментов лекций (используя вопросы из пункта 5) и проводятся групповые консультации. Самостоятельная работа аспирантов связана с применением компьютерных и информационных технологий.

#### 5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Используются виды самостоятельной работы аспиранта: в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах (лабораториях), компьютерных классах, с доступом к ресурсам Интернет и в домашних условиях. Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в ходе проведения лекционных занятий, групповых консультаций и в конце курса при проведении экзамена по данной

дисциплине. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, а также конспекты лекций.

Примеры типовых контрольных вопросов:

1. Уравнения гидродинамики идеальной жидкости.
2. Уравнения линейной акустики идеальной среды.
3. Линейные уравнения акустики вязкой и теплопроводящей среды.
4. Уравнения акустики движущихся сред.
5. Волновое уравнение в плавно неоднородной среде.
6. Геометрическая акустика. Уравнение эйконала. Уравнение луча.
7. Обобщенный закон Декарта-Снеллиуса.
8. Приближение ВКБ.
9. Сферически симметричные решения волнового уравнения. Объемная скорость. Импеданс сферической волны.
10. Акустический диполь.
11. Продольные волны в стержне. Законы отражения волн.
12. Волны изгиба в стержне. Законы отражения волн.
13. Волны в упругих средах.
14. Тензор напряжений. Тензор деформаций.
15. Свободные волны в однородной изотропной среде. Продольные и поперечные волны. Граничные условия для упругих волн.
16. Поверхностные волны.
17. Волны в пластинках.

## **6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине**

включающий:

***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***

Приведен в приложении 1.

### **6.2. Описание шкал оценивания**

По итогам освоения данной обязательной профессиональной дисциплины (в совокупности с другими дисциплинами, рассматриваемыми ОПОП) сдается кандидатский экзамен по направленности 01.04.06 – Акустика. Перечень вопросов указан в п. 6.4 настоящей программы.

Для оценивания теоретических знаний, полученных в результате освоения дисциплины, проводится индивидуальное собеседование по вопросам, сформулированным в билетах к экзамену.

При этом оцениваются:

- уровень теоретических знаний (понимание предмета, которое подтверждается правильными ответами на дополнительные, уточняющие вопросы);
- умение использовать теоретические знания при решении практических задач;
- обоснованность, четкость, логичность и полнота ответа;
- способность устанавливать внутри- и межпредметные связи,
- оригинальность изложения.

Критерии оценки:

4.5-5.0	Отлично	Полный, содержательный ответ, аргументированный фактическим и цифровым материалом. Логическое изложение теоретических знаний и умение их применять для решения практических задач. Ответ содержит правильно сформулированные выводы и полное, обоснованное заключение. Экзаменуемый свободно отвечает на дополнительные вопросы.
3.5-4.49	Хорошо	Полный, содержательный ответ по двум вопросам билета, но недостаточное подтверждение изложенного материала. Отсутствие глубины понимания теоретического материала и его применения для решения экспериментальных задач. При формулировке выводов и заключения отсутствует их аргументированность.
2.5-3.49	Удовлетворительно	Неполный ответ на один из поставленных в билете вопросов. Недостаточно глубокое владение теоретическим материалом, незнание фактического материала.
0-2.49	Неудовлетворительно	Неполный ответ на оба поставленных в билете вопроса. Отсутствие знаний теоретического и экспериментального материала. Отсутствие выводов и заключения.

**6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимых для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и итогового контроля сформированности компетенции.**

Контрольные вопросы для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины даны в пункте 5 настоящей рабочей программы дисциплины. Для оценки сформированности компетенций ПК-1, ПК-2, ПК-3 служат также контрольные задания. Список типовых контрольных заданий:

Задания, участвующие в формировании части компетенций ПК-1 и ПК-2 (вопросы кандидатского экзамена):

1. Гидродинамика и теория упругости

- Уравнения гидродинамики идеальной и вязкой теплопроводящей жидкости. Пределы применимости приближения сплошной среды.

- Адиабатическая и изотермическая скорости звука. Коэффициент затухания звука в среде с малыми вязкостью и теплопроводностью.
- Сжимаемая и несжимаемая жидкость. Потенциальные и вихревые течения идеальной жидкости. Теорема Томпсона о циркуляции скорости жидкости.
- Гравитационно-капиллярные волны на поверхности жидкости. Внутренние гравитационные волны в стратифицированной жидкости; частота Брента-Вайсяля.
- Течения вязкой жидкости (Пуазейля, Куэтта). Затопленная струя. Пограничный слой, уравнения Прандтля.
- Ударные волны. Изменение параметров среды при переходе через разрыв. Ширина ударного фронта. Скорость распространения ударных волн по невозмущенной среде.
- Гидродинамические неустойчивости. Число Рейнольдса. Переход к турбулентности. Развитая турбулентность.
- Подходы Эйлера и Лагранжа к описанию сплошной среды, основания для использования различных подходов в гидродинамике и теории упругости.
- Уравнения теории упругости. Закон Гука для изотропных и анизотропных тел. Линеаризация уравнений для малых возмущений. Продольные и сдвиговые волны в изотропном теле.
- Волны в твердых средах в присутствии границ (Рэлея, Лэмба, Лява, клиновые волны).

## 2. Теория колебаний и волн

- Линейные и нелинейные колебательные системы с одной степенью свободы. Явление резонанса. Импульсная переходная и частотная передаточная характеристики линейной системы. Резонатор Гельмгольца. Сферически-симметричные колебания газового пузырька в жидкости, уравнение Рэлея.
- Колебательные системы с двумя и многими степенями свободы. Нормальные колебания. Вынужденные колебания, теорема взаимности.
- Колебания периодических цепочек (точечные массы с упругим взаимодействием ближайших соседей). Акустическая и оптическая моды.
- Собственные и вынужденные колебания распределенных систем конечных размеров. Разложение вынужденных колебаний по собственным функциям системы (модам).
- Колебания недеформируемых тел, погруженных в жидкость. Сила сопротивления колебаниям сферы в идеальной и вязкой среде.
- Волновое уравнение (вывод из уравнений гидродинамики и теории упругости). Плоские однородные и неоднородные волны. Плотность и поток энергии.
- Сферические и цилиндрические волны. Пространственно-временной спектр Фурье волнового поля; его представление в виде суммы гармонических плоских волн.
- Отражение и преломление акустических волн на плоской границе раздела двух сред. Закон Снеллиуса. Формулы Френеля. Поле в среде при падении под углом, большем критического. Плотность и поток энергии. Акустический импеданс. Отражение от импедансной границы.



- Распространение волнового пакета в диспергирующей среде. Фазовая и групповая скорости. Физические причины появления зависимости скорости звука от частоты.
- Излучение звука пульсирующей и колеблющейся сферами. Монопольное и дипольное излучение, сопротивление излучению и присоединенная масса. Поршневой излучатель в плоском экране. Ближнее и дальнее поле. Характеристика направленности.
- Волны в средах с крупномасштабными неоднородностями. Приближение геометрической акустики. Уравнения эйконала, переноса, дифференциальное уравнение луча. Лучи и поле волны в слоисто-неоднородных средах. Ход лучей в подводном звуковом канале.

### 3. Физическая акустика

- Скорость распространения и механизмы затухания акустических волн в газах, жидкостях, твердых телах и биотканях.
- Способы возбуждения и приема акустических волн в различных средах и частотных диапазонах. Электроакустические преобразователи: электродинамические, пьезоэлектрические, магнитострикционные. Электромеханические аналогии.
- Методы измерения характеристик акустических полей: колебательной скорости, акустического давления, скорости распространения, поглощения, интенсивности.
- Дифракция звука на телах канонической формы (сфера, цилиндр).
- Рассеяние звука на малых препятствиях, пузырьках газа в жидкостях и неровностях границ.
- Распространение звука в движущейся среде. Движущиеся источники. Эффект Доплера. Излучение при сверхзвуковом движении, переходное излучение.
- Флуктуации амплитуды, фазы и угла прихода луча при распространении звука в случайно-неоднородной среде.
- Радиационное давление и акустические течения.
- Римановы (простые) волны. Акустическое число Маха. Искажение профилей бегущих волн, генерация гармоник. Взаимодействие плоских волн и пучков.
- Пилообразные волны. Нелинейное затухание и эффект насыщения.
- Учет вязкости. Уравнение Бюргерса. Акустическое число Рейнольдса.

### 4. Техническая акустика

- Излучающие и приемные электроакустические преобразователи. Метод электромеханических аналогий. Активные материалы для пьезоэлектрических и магнитострикционных преобразователей. Частотные характеристики, коэффициент нелинейных искажений.
- Преобразователи для воздушной среды. Диффузорные и рупорные громкоговорители. Микрофоны - приемники звукового давления и градиента давления. Газодинамические источники звука, свистки, сирены.

- Гидродинамические излучатели и гидрофоны (приемники акустического давления и градиента давления). Гидроакустические антенны. Характеристики направленности.
- Профиль скорости звука и структура звукового поля в океане. Подводный звуковой канал. Приповерхностный канал. Звук в мелком море.
- Пассивная гидролокация. Шумы океана и корабля. Выделение сигнала из помех. Оптимальная фильтрация. Уравнение дальности, методы и точность пеленгования.
- Параметрические излучающие и приемные антенны. Характеристики направленности.
- Методы гидроакустической связи, навигации, рыболокации, съемки рельефа дна, определения глубины места и абсолютной скорости движения.
- Механические, аэродинамические и гидродинамические источники шумов. Транспортные шумы.
- Звукопоглощение и звукоизоляция. Звукопоглощающие материалы и конструкции для воздушной среды. Пористые материалы, резонансные поглотители. Активные методы подавления шума.
- Статистическая и волновая теория акустики помещений. Оптимальное время реверберации. Акустика больших помещений (неравномерность поля, искажения нестационарных сигналов, явление эхо) и методы ее улучшения.
- Методы акустических измерений и калибровки преобразователей. Специальные помещения и установки для измерений в воздухе и в воде. Заглушенная камера, заглушенный гидробассейн.
- Ультразвуковые технологии (осаждение аэрозолей, очистка поверхностей, дегазация жидкостей, эмульгирование, обработка материалов, сварка).
- Ультразвуковая медицинская диагностика. Интенсивный ультразвук в терапии и хирургии.
- Ультразвуковые методы измерений и неразрушающего контроля. Дефектоскопия промышленных изделий, строительных материалов и конструкций.
- Взаимодействие волн пространственного заряда с акустическим полем, акустоэлектрический эффект. Принципы работы акустоэлектронных устройств (усилители ультразвука, линии задержки, фильтры, конвольверы, запоминающие устройства). Возбуждение и прием поверхностных акустических волн (ПАВ), устройства обработки сигналов на ПАВ.

Задания, участвующие в формировании части компетенции ПК-3:

1. Современное состояние физической акустики.
2. Новые идеи и направления в области физической акустики.

#### ***6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.***

Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утверждённое приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 г. №55-ОД,

Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: Учебное пособие. В 10 т. Т. VI. Гидродинамика. М.: Физматлит, 2006. - 736 с.
2. Бреховских Л.М., Гончаров В.В. Введение в механику сплошных сред (в приложении к теории волн). М.: Наука, 1982. - 335 с.
3. Бреховских Л.М., Лысанов Ю.П. Теоретические основы акустики океана. Л.: Гидрометеоздат, 1982. - 264 с.
4. Исакович М.А. Общая акустика. М.: Наука, 1973. - 493 с.

б) дополнительная литература:

1. Блохинцев Д.И. Акустика неоднородной движущейся среды. М.: Наука, 1982.
2. Скучик Е. Основы акустики. Тт.1, 2. М.: Мир, 1976.
3. Акустика в задачах. Учеб. рук-во. / Под ред. С.Н.Гурбатова и О.В.Руденко. М.: Наука, 2009. - 336 с.

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- аудиторный фонд ННГУ,
- аудитория для работы с мультимедийным проектором.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия» (уровень подготовки кадров высшей квалификации), направленности 01.04.06 «Акустика»

Автор \_\_\_\_\_ профессор, д.ф.-м.н. Гурбатов С.Н.

Рецензент \_\_\_\_\_ профессор, д.ф.-м.н. Матросов В.В.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ профессор, д.ф.-м.н. Гурбатов С.Н.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от \_\_\_\_\_ 2021 года, протокол № \_\_\_\_.

**Карты компетенций, в формировании которых участвует дисциплина  
«Акустика (кандидатский экзамен)»**

**ПК – 1 Способность самостоятельно выполнять научно – исследовательские работы и получать новые научные и прикладные результаты в области акустики**

**ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ**

**Тип КОМПЕТЕНЦИИ**

Профессиональная компетенция выпускника программы аспирантуры.

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

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

**ЗНАТЬ:**

фундаментальные основы физики, и, в частности, акустики, а также специальные дисциплины, основные принципы и способы организации научного исследования в области акустики.

**УМЕТЬ:**

составлять план работы по заданной теме, анализировать получаемые результаты, составлять отчёты о научно-исследовательской работе

**ВЛАДЕТЬ:**

физическими методами исследований в выбранной области акустики, базовыми информационными и коммуникационными технологиями, применяемыми для проведения исследования в области акустики для сбора теоретических и эмпирических данных, их анализа и представления результатов.

Планируемые результаты обучения* (показатель и достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
ЗНАТЬ: современное состояние науки в области акустики	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о современном состоянии науки в области акустики	Неполные представления о современном состоянии науки в области акустики	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современном состоянии науки в области акустики	Сформированные систематические представления о современном состоянии науки в области акустики
ЗНАТЬ: современные подходы к моделированию различных явлений в области акустики и оценке полученных результатов	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о современных подходах к моделированию различных явлений в области акустики и оценке полученных результатов	В целом успешные, но несистемные представления о современных подходах к моделированию различных явлений в области акустики и оценке полученных	В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современных подходах к моделированию различных явлений в области акустики и оценке полученных	Сформированные систематические представления о современных подходах к моделированию различных явлений в области акустики и оценке полученных результатов

			результатов	результатов	
ЗНАТЬ: нормативные документы для составления заявок, грантов, 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 научных грантов и заключения контрактов по НИР в области акустики	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 научных грантов и заключения контрактов по НИР	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение готовить предложения по тематике и плану реализации исследовательских проектов; обосновывать предложения с точки зрения реалистичности сроков, трудозатрат и ресурсной обеспеченности; оформлять проект согласно установленным требованиям	Сформированное умение готовить предложения по тематике и плану реализации исследовательских проектов; обосновывать предложения с точки зрения реалистичности сроков, трудозатрат и ресурсной обеспеченности; оформлять проект согласно установленным требованиям
ВЛАДЕТЬ: методами планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направленности «Акустика»	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение методов планирования, подготовки и проведения НИР, анализа и обсуждения полученных данных	В целом успешное, но не систематическое применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировка выводов по результатам НИР	Успешное и систематическое применение методов планирования, подготовки и проведения НИР и анализа и обсуждения экспериментальных данных; формулировка выводов и рекомендаций по результатам НИР
ВЛАДЕТЬ: навыками составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности «Акустика»	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки	В целом успешное, но не систематическое применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки	Успешное и систематическое применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки

## **ПК – 2 Способность самостоятельно ставить научные задачи и формулировать новые идеи в области акустики**

### **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ**

#### **Тип КОМПЕТЕНЦИИ**

Профессиональная компетенция выпускника программы аспирантуры.

#### **ПОРОГОВЫЙ (ВХОДНОЙ) УРОВНЬ 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 экспериментальной работы на современном акустическом оборудовании, направления и методы научно-исследовательской деятельности в области акустики.

#### **УМЕТЬ:**

выявлять и формулировать проблемы в области акустики, анализировать научно-исследовательскую информацию и обобщать опыт по тематике исследования

#### **ВЛАДЕТЬ:**

навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; навыками выбора методов и средств решения задач исследования, навыками проведения экспериментов с применением современных методов.

<b>Планируемые результаты обучения*</b> (показатель и достижения заданного уровня освоения компетенций)	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>				
	1	2	3	4	5
<b>ЗНАТЬ:</b> современное состояние исследований в области акустики	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о современном состоянии науки в области физики и акустики	Неполные представления о современном состоянии науки в области физики и акустики	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современном состоянии науки в области физики и акустики	Сформированные систематические представления о современном состоянии науки в области физики и акустики
<b>ЗНАТЬ:</b> методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач в области акустики	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач	Общие, но не структурированные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач в области акустики	Сформированные системные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач в области акустики
<b>УМЕТЬ:</b> определять наиболее	Отсутствие умений	Частично освоенное	В целом успешное, но не	В целом успешное, но содержащее	Сформированное умение

актуальные направления исследований		умение определять наиболее актуальные направления исследований	систематическое умение определять наиболее актуальные направления исследований	отдельные пробелы умение определять наиболее актуальные направления исследований	определять наиболее актуальные направления исследований
УМЕТЬ: самостоятельно формулировать новые научные задачи в области акустики и предполагаемые методы их решения, исходя из тенденций развития науки в области акустики и этапов профессионального роста	Отсутствие навыков	Имеет базовые представления о тенденциях развития науки в области акустики и этапах профессионального роста, не способен сформулировать новые научные задачи в области акустики и предполагаемые методы их решения	При формулировке новых научных задач в области акустики не учитывает тенденции развития науки и индивидуально-личностные особенности	Формулирует новые научные задачи в области акустики, исходя из тенденций развития науки и индивидуально-личностных особенностей, но не полностью учитывает возможные этапы профессиональной деятельности	Готов и умеет формулировать новые научные задачи в области акустики и предполагаемые методы их решения, исходя из тенденций развития науки, этапов профессионального роста, индивидуально-личностных особенностей
ВЛАДЕТЬ: навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач в области акустики	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач	В целом успешное, но не систематическое применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач	Успешное и систематическое применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач
ВЛАДЕТЬ: навыками самостоятельной постановки, критического переосмысления и решения новых задач в области акустики; навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов	Отсутствие навыков	Фрагментарное владение отдельными навыками анализа акустических задач, отдельными навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов	В целом успешное, но не систематическое владение основными навыками самостоятельной постановки, критического переосмысления и решения новых задач в области акустики; основными навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение основными навыками самостоятельной постановки, критического переосмысления и решения новых задач в области акустики; основными навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов	Успешное и систематическое владение навыками самостоятельной постановки, критического переосмысления и решения новых задач в области акустики; навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов

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

#### **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ**

##### **Тип КОМПЕТЕНЦИИ**

Профессиональная компетенция выпускника программы аспирантуры.

#### **ПОРОГОВЫЙ (ВХОДНОЙ) УРОВНЬ 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 подходы к оценке результатов научного исследования, основные формы научной коммуникации.

##### **УМЕТЬ:**

критически оценивать полученную информацию и результаты, использовать современные компьютерные средства подготовки презентаций.

##### **ВЛАДЕТЬ:**

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

<b>Планируемые результаты обучения* (показатель и достижения заданного уровня освоения компетенций)</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>				
	1	2	3	4	5
<b>ЗНАТЬ:</b> 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
<b>УМЕТЬ:</b> самостоятельно интерпретировать результаты научного исследования	Отсутствие умений	Фрагментарное использование умения самостоятельно интерпретировать результаты научного исследования	В целом успешное, но не систематическое использование умения самостоятельно интерпретировать результаты научного исследования	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование умения самостоятельно интерпретировать результаты научного исследования	Сформированное умение самостоятельно интерпретировать результаты научного исследования
<b>УМЕТЬ:</b>	Отсутствие	Фрагментарное	В целом	В целом успешное,	Сформированное



представлять научные результаты по теме диссертационной работы в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях	умений	использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	успешное, но не систематическое использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	но содержащее отдельные пробелы использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	умение использовать методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях
УМЕТЬ: представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу	Отсутствие умений	Умение представлять результаты НИР узкому кругу специалистов	В целом успешное, умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому сообществу	Успешное умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу	Сформированное умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу
ВЛАДЕТЬ: навыками и способами представления данных исследования научному сообществу в понимаемой форме	Отсутствие умений	Неполное владение навыками и способами представления данных исследования научному сообществу в	В целом успешное владение навыками и способами представления данных исследования научному сообществу	Успешное умение владение навыками и способами представления данных исследования научному сообществу	Успешное и систематическое владение навыками и способами представления данных исследования научному сообществу