

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное учреждение
высшего профессионального образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики



УТВЕРЖДАЮ

Проректор
по образовательной деятельности КФУ
Проф. Минзарипов Р.Г.

_____ 20__ г.

Программа дисциплины

Теория термоакустических колебаний газа М1.ДВ.1

Направление подготовки: 223200.68 - Техническая физика

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Иовлева О.В.

Рецензент(ы):

Ларионов В.М.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой:

Протокол заседания кафедры No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Регистрационный No

Казань
2014

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) ассистент, к.н. Иовлева О.В. Кафедра технической физики и энергетики Отделение физики, Olga.Beloded@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

формирование у обучающихся знаний и навыков по методам решения задач и физическим механизмам возбуждения термоавтоколебаний в акустических резонаторах.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "М1.ДВ.1 Общенаучный" основной образовательной программы 223200.68 Техническая физика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 1 курсе, 1 семестр.

Дисциплины М1 ДВ1 "Теория термоакустических колебаний газа" входит в профессиональный цикл М1 подготовки магистров по направлению 223200 "Техническая физика" и является обязательным для изучения студентами по профилю "Теплофизика". Курс опирается на знания по курсам: "Механика жидкости и газа", "Гидродинамика".

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-1 (общекультурные компетенции)	Способность совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, добиваться нравственного и физического совершенствования своей личности
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способность демонстрировать и использовать углубленные теоретические и практические знания фундаментальных наук, в том числе и те, которые находятся на передовом рубеже технической физики
ПК-5 (профессиональные компетенции)	способность осуществлять научный поиск и разработку новых перспективных подходов и методов к решению профессиональных задач, готовность к профессиональному росту, к активному участию в научной и инновационной деятельности, конференциях, выставках и презентациях

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

основы физических процессов, приводящих к возбуждению термоакустических колебаний газа;
уравнения термоакустики и методы их решения.

2. должен уметь:

применять методы термоакустики к решению практических задач;
выполнять расчеты параметров автоколебаний газа в типовых резонаторах;
использовать современные образовательные и информационные технологии для приобретения новых знаний в области теории и практики горения.

3. должен владеть:

математическим аппаратом теории термоакустических колебаний газа;
навыками проведения расчетов параметров термоакустических колебаний газа с заданными параметрами.

Проводить теоретическое исследование условий возбуждения акустических колебаний газа в системах с тепловыми источниками;

Выполнять физико-технические расчеты параметров автоколебаний газов в промышленных энергетических установках.

Проводить теоретическое исследование условий возбуждения акустических колебаний газа в системах с тепловыми источниками;

Выполнять физико-технические расчеты параметров автоколебаний газов в промышленных энергетических установках.

Проводить теоретическое исследование условий возбуждения акустических колебаний газа в системах с тепловыми источниками;

Выполнять физико-технические расчеты параметров автоколебаний газов в промышленных энергетических установках.

Проводить теоретическое исследование условий возбуждения акустических колебаний газа в системах с тепловыми источниками;

Выполнять физико-технические расчеты параметров автоколебаний газов в промышленных энергетических установках.

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 1 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение. Примеры самовозбуждения звука в системах с тепловыми источниками: поющее пламя, труба Рийке, эффект Зондхаусса, резонатор Гельмгольца	1	1	2	0	0	
2.	Тема 2. Продольные колебания газа в системах с продольным градиентом температуры Расчет колебаний газа в трубе с продольным градиентом температуры. Влияние находящихся в потоке препятствий на частоту колебаний. Установка типа емкость-труба, резонатор Гельмгольца.	1	2	2	0	0	
3.	Тема 3. Продольные колебания газа в системах с продольным градиентом температуры Продольные колебания газа в системах в отсутствие градиента температуры	1	1	0	4	0	
4.	Тема 4. Продольные колебания газа в системах с продольным градиентом температуры Установка типа емкость-труба, резонатор Гельмгольца.	1	2	0	0	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
5.	Тема 5. Теоретические модели термоакустических колебаний газа Идеализация процессов в области теплоподвода. Акустическая мощность тепловых источников, условия самовозбуждения колебаний. Критерий Рэлея. Решение задач.	1	3, 4	4	0	0	
6.	Тема 6. Теоретические модели термоакустических колебаний газа Критерий Рэлея	1	3, 4	0	8	0	
7.	Тема 7. Теоретические модели термоакустических колебаний газа Решение задач.	1	5-6	4	6	0	
8.	Тема 8. Теория явления Рийке Основные характеристики. Описание закономерности областей возбуждения колебаний с помощью эффекта Рийке. Сравнение теоретических и экспериментальных данных. Решение задач.	1	5-7	0	0	0	
9.	Тема 9. Теория явления Рийке Сравнение теоретических и экспериментальных данных.	1	8,9	0	6	0	
10.	Тема 10. Теория явления Рийке Решение задач.	1	10	0	0	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
11.	Тема 11. Возбуждение звука в неравномерно нагретом резонаторе Гельмгольца Определение резонатора Гельмгольца. Теоретическое объяснение данного вида колебаний, предложенное Теодорчиком. Расчет автоколебаний в резонаторе Гельмгольца энергетическим методом. Сравнение с экспериментальными данными.	1	7	2	0	0	
12.	Тема 12. Возбуждение звука в неравномерно нагретом резонаторе Гельмгольца Определение резонатора Гельмгольца. Сравнение с экспериментальными данными.	1	11,12	0	4	0	
13.	Тема 13. Возбуждение звука в неравномерно нагретом резонаторе Гельмгольца Расчет автоколебаний в резонаторе Гельмгольца энергетическим методом.	1	13,14	0	0	0	
14.	Тема 14. Расчет Эффекта Зондхаусса Вывод соотношений, определяющих условия возбуждения, частоту и амплитуду установившихся колебаний газа. Расчет параметров колебаний газа и сравнение с экспериментальными данными.	1	8	2	0	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
15.	Тема 15. Расчет Эффекта Зондхаусса Расчет параметров колебаний газа и сравнение с экспериментальными данными.	1	15	0	4	0	
16.	Тема 16. Расчет Эффекта Зондхаусса Расчет параметров колебаний газа	1	16	0	0	0	
17.	Тема 17. Термоакустические колебания газа в канале с переменным тепловым сопротивлением Понятие теплового сопротивления. Физический механизм возбуждения колебаний газа в трубе. Критерий термоакустической неустойчивости. Решение задач.	1	9	2	0	0	
18.	Тема 18. Термоакустические колебания газа в канале с переменным тепловым сопротивлением Критерий термоакустической неустойчивости.	1	17	0	4	0	
19.	Тема 19. Термоакустические колебания газа в канале с переменным тепловым сопротивлением Решение задач	1	18	0	0	0	
.	Тема . Итоговая форма контроля	1		0	0	0	зачет
	Итого			18	36	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Введение. Примеры самовозбуждения звука в системах с тепловыми источниками: поющее пламя, труба Рийке, эффект Зондхаусса, резонатор Гельмгольца

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Примеры самовозбуждения звука в системах с тепловыми источниками: поющее пламя, труба Рийке, эффект Зондхаусса, резонатор Гельмгольца

Тема 2. Продольные колебания газа в системах с продольным градиентом температуры
Расчет колебаний газа в трубе с продольным градиентом температуры. Влияние находящихся в потоке препятствий на частоту колебаний. Установка типа емкость-труба, резонатор Гельмгольца.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Расчет колебаний газа в трубе с продольным градиентом температуры. Влияние находящихся в потоке препятствий на частоту колебаний. Установка типа емкость-труба, резонатор Гельмгольца.

Тема 3. Продольные колебания газа в системах с продольным градиентом температуры
Продольные колебания газа в системах в отсутствие градиента температуры

практическое занятие (4 часа(ов)):

Тема 4. Продольные колебания газа в системах с продольным градиентом температуры
Установка типа емкость-труба, резонатор Гельмгольца.

Тема 5. Теоретические модели термоакустических колебаний газа Идеализация процессов в области теплоподвода. Акустическая мощность тепловых источников, условия самовозбуждения колебаний. Критерий Рэлея. Решение задач.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Идеализация процессов в области теплоподвода. Акустическая мощность тепловых источников, условия самовозбуждения колебаний. Критерий Рэлея. Решение задач.

Тема 6. Теоретические модели термоакустических колебаний газа Критерий Рэлея

практическое занятие (8 часа(ов)):

Тема 7. Теоретические модели термоакустических колебаний газа Решение задач.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

практическое занятие (6 часа(ов)):

Тема 8. Теория явления Рийке Основные характеристики. Описание закономерности областей возбуждения колебаний с помощью эффекта Рийке. Сравнение теоретических и экспериментальных данных. Решение задач.

Тема 9. Теория явления Рийке Сравнение теоретических и экспериментальных данных.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Тема 10. Теория явления Рийке Решение задач.

Тема 11. Возбуждение звука в неравномерно нагретом резонаторе Гельмгольца
Определение резонатора Гельмгольца. Теоретическое объяснение данного вида колебаний, предложенное Теодорчиком. Расчет автоколебаний в резонаторе Гельмгольца энергетическим методом. Сравнение с экспериментальными данными.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Определение резонатора Гельмгольца. Теоретическое объяснение данного вида колебаний, предложенное Теодорчиком. Расчет автоколебаний в резонаторе Гельмгольца энергетическим методом. Сравнение с экспериментальными данными.

Тема 12. Возбуждение звука в неравномерно нагретом резонаторе Гельмгольца
Определение резонатора Гельмгольца. Сравнение с экспериментальными данными.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Определение резонатора Гельмгольца. Сравнение с экспериментальными данными.

Тема 13. Возбуждение звука в неравномерно нагретом резонаторе Гельмгольца
Расчет автоколебаний в резонаторе Гельмгольца энергетическим методом.

Тема 14. Расчет Эффекта Зондхаусса Вывод соотношений, определяющих условия возбуждения, частоту и амплитуду установившихся колебаний газа. Расчет параметров колебаний газа и сравнение с экспериментальными данными.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Вывод соотношений, определяющих условия возбуждения, частоту и амплитуду установившихся колебаний газа. Расчет параметров колебаний газа и сравнение с экспериментальными данными.

Тема 15. Расчет Эффекта Зондхаусса Расчет параметров колебаний газа и сравнение с экспериментальными данными.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Расчет параметров колебаний газа и сравнение с экспериментальными данными.

Тема 16. Расчет Эффекта Зондхаусса Расчет параметров колебаний газа

Тема 17. Термоакустические колебания газа в канале с переменным тепловым сопротивлением Понятие теплового сопротивления. Физический механизм возбуждения колебаний газа в трубе. Критерий термоакустической неустойчивости. Решение задач.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Понятие теплового сопротивления. Физический механизм возбуждения колебаний газа в трубе. Критерий термоакустической неустойчивости. Решение задач.

Тема 18. Термоакустические колебания газа в канале с переменным тепловым сопротивлением Критерий термоакустической неустойчивости.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Критерий термоакустической неустойчивости.

Тема 19. Термоакустические колебания газа в канале с переменным тепловым сопротивлением Решение задач

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
4.	Тема 4. Продольные колебания газа в системах с продольным градиентом температуры Установка типа емкость-труба, резонатор Гельмгольца.	1	2	решение задач	8	контрольная
8.	Тема 8. Теория явления Рийке Основные характеристики. Описание закономерности областей возбуждения колебаний с помощью эффекта Рийке. Сравнение теоретических и экспериментальных данных. Решение задач.	1	5-7	решение задач	8	контрольная

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
10.	Тема 10. Теория явления Рийке Решение задач.	1	10	решение задач	10	контрольная
13.	Тема 13. Возбуждение звука в неравномерно нагретом резонаторе Гельмгольца Расчет автоколебаний в резонаторе Гельмгольца энергетическим методом.	1	13,14	решение задач	10	контрольная
16.	Тема 16. Расчет Эффекта Зондхаусса Расчет параметров колебаний газа	1	16	решение задач	10	контрольная
19.	Тема 19. Термоакустические колебания газа в канале с переменным тепловым сопротивлением Решение задач	1	18	решение задач	8	контрольная
	Итого				54	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Интерактивная доска, проектор, компьютер

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Тема 1. Введение. Примеры самовозбуждения звука в системах с тепловыми источниками: поющее пламя, труба Рийке, эффект Зондхаусса, резонатор Гельмгольца

**Тема 2. Продольные колебания газа в системах с продольным градиентом температуры
Расчет колебаний газа в трубе с продольным градиентом температуры. Влияние находящихся в потоке препятствий на частоту колебаний. Установка типа емкость-труба, резонатор Гельмгольца.**

**Тема 3. Продольные колебания газа в системах с продольным градиентом температуры
Продольные колебания газа в системах в отсутствие градиента температуры**

**Тема 4. Продольные колебания газа в системах с продольным градиентом температуры
Установка типа емкость-труба, резонатор Гельмгольца.**

контрольная, примерные вопросы:

Продольные колебания газа в системах с продольным градиентом температуры
Установка типа емкость-труба, резонатор Гельмгольца.

**Тема 5. Теоретические модели термоакустических колебаний газа
Идеализация процессов в области теплоподвода. Акустическая мощность тепловых источников, условия самовозбуждения колебаний. Критерий Рэлея. Решение задач.**

**Тема 6. Теоретические модели термоакустических колебаний газа
Критерий Рэлея**

**Тема 7. Теоретические модели термоакустических колебаний газа
Решение задач.**

Тема 8. Теория явления Рийке Основные характеристики. Описание закономерности областей возбуждения колебаний с помощью эффекта Рийке. Сравнение теоретических и экспериментальных данных. Решение задач.

контрольная, примерные вопросы:

Описание закономерности областей возбуждения колебаний с помощью эффекта Рийке. Сравнение теоретических и экспериментальных данных. Решение задач.

Тема 9. Теория явления Рийке Сравнение теоретических и экспериментальных данных.

Тема 10. Теория явления Рийке Решение задач.

контрольная, примерные вопросы:

Теория явления Рийке Сравнение теоретических и экспериментальных данных.

Тема 11. Возбуждение звука в неравномерно нагретом резонаторе Гельмгольца Определение резонатора Гельмгольца. Теоретическое объяснение данного вида колебаний, предложенное Теодорчиком. Расчет автоколебаний в резонаторе Гельмгольца энергетическим методом. Сравнение с экспериментальными данными.

Тема 12. Возбуждение звука в неравномерно нагретом резонаторе Гельмгольца Определение резонатора Гельмгольца. Сравнение с экспериментальными данными.

Тема 13. Возбуждение звука в неравномерно нагретом резонаторе Гельмгольца Расчет автоколебаний в резонаторе Гельмгольца энергетическим методом.

контрольная, примерные вопросы:

Возбуждение звука в неравномерно нагретом резонаторе Гельмгольца Расчет автоколебаний в резонаторе Гельмгольца энергетическим методом.

Тема 14. Расчет Эффекта Зондхаусса Вывод соотношений, определяющих условия возбуждения, частоту и амплитуду установившихся колебаний газа. Расчет параметров колебаний газа и сравнение с экспериментальными данными.

Тема 15. Расчет Эффекта Зондхаусса Расчет параметров колебаний газа и сравнение с экспериментальными данными.

Тема 16. Расчет Эффекта Зондхаусса Расчет параметров колебаний газа

контрольная, примерные вопросы:

Вывод соотношений, определяющих условия возбуждения, частоту и амплитуду установившихся колебаний газа. Расчет параметров колебаний газа и сравнение с экспериментальными данными.

Тема 17. Термоакустические колебания газа в канале с переменным тепловым сопротивлением Понятие теплового сопротивления. Физический механизм возбуждения колебаний газа в трубе. Критерий термоакустической неустойчивости. Решение задач.

Тема 18. Термоакустические колебания газа в канале с переменным тепловым сопротивлением Критерий термоакустической неустойчивости.

Тема 19. Термоакустические колебания газа в канале с переменным тепловым сопротивлением Решение задач

контрольная, примерные вопросы:

Понятие теплового сопротивления. Физический механизм возбуждения колебаний газа в трубе. Критерий термоакустической неустойчивости. Решение задач.

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к зачету:

1. Примеры самовозбуждения звука в системах с тепловыми источниками.
2. Расчет колебаний газа в трубе с продольным градиентом температуры.
3. Установка типа емкость-труба (Резонатор Гельмгольца).
4. Продольные колебания газа в системах в отсутствии градиента температуры.
5. Теоретические модели термоакустических колебаний газа. Критерий Рэлея.
6. Теория явления Рийке. Основные характеристики.

7. Возбуждение звука в неравномерно нагретом резонаторе Гельмгольца. Расчет автоколебаний энергетическим методом.
8. Расчет эффекта Зондхаусса.
9. Термоакустические колебания газа в канале с переменным тепловым сопротивлением. Понятие теплового сопротивления.

7.1. Основная литература:

- Ларионов В.М. Автоколебания газа в установках с горением/ В.М. Ларионов, Р.Г. Зарипов - Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2003
- Галиуллин Р.Г. Теория термических автоколебаний/ Р.Г. Галиуллин, И.П. Ревва., Г.Г. Халимов - Издательство Казанского университета, 1982.
- Ларионов В.М. Автоколебания газа в энергетических установках/ В.М. Ларионов - Учебное пособие: курс лекций, решение задач. Казань, 2006г. 164с.

7.2. Дополнительная литература:

- Беляев Н.М. Термоакустические колебания / Н.М. Беляев, Белик Н.П., Польшин А.В. . - Киев-Донецк, Головное издательство издательского объединения "Виша школа", 1985
- Абугов Д.И. Генерация и усиление акустических волн тепловыми процессами / Абугов Д.И., Обрезков О.И./ Изд. Вузов, Авиационная техника, 1980, ♦1, с. 3 - 8.

7.3. Интернет-ресурсы:

- Колебания и волны. Физика. Наука. Электронные учебники. - libedu.ru?nauka/fizika/kolebanija_i_volny/
- Линейные колебания и волны - sgu.ru?files/nodes/62639/oscwave.pdf
- Теория термоакустических колебаний газа - http://kpfu.ru/main?p_id=20434&p_lang=&p_type=3
- Теория термоакустических колебаний газа - <http://bars.kfu-elearning.ru/course/category.php?id=656>
- Электронный мультимедийный учебник по разделу физики "Колебания и Волны" - koi.tspu.ru?waves/

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Освоение дисциплины "Теория термоакустических колебаний газа" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "КнигаФонд", доступ к которой предоставлен студентам. Электронно-библиотечная система "КнигаФонд" реализует легальное хранение, распространение и защиту цифрового контента учебно-методической литературы для вузов с условием обязательного соблюдения авторских и смежных прав. КнигаФонд обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям новых ФГОС ВПО.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 223200.68 "Техническая физика" и магистерской программе не предусмотрено .

Автор(ы):

Иовлева О.В. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Ларионов В.М. _____

"__" _____ 201__ г.