

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



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор  
по образовательной деятельности КФУ  
Проф. Таюрский Д.А.

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Программа дисциплины**

Теория термоакустических колебаний газа Б1.В.ДВ.1

Направление подготовки: 16.04.01 - 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. , Ларионов Виктор Михайлович

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Кашапов Н. Ф.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Инженерного института:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No

Казань  
2017

## 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) доцент, к.н. Иовлева О.В. кафедра технической физики и энергетики Инженерный институт, 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 "Б1.В.ДВ.1 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 16.04.01 Техническая физика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 1 курсе, 1 семестр.

Данная учебная дисциплина включена в раздел 'Б1.В.ДВ.1 Дисциплины (модули)' основной профессиональной образовательной программы 16.04.01 'Техническая физика (не предусмотрено)' и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 1 курсе, в 1 семестре.

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-2 (профессиональные компетенции)	способностью демонстрировать и использовать углубленные теоретические и практические знания фундаментальных и прикладных наук
ОПК-5 (профессиональные компетенции)	способностью осуществлять научный поиск и разработку новых перспективных подходов и методов к решению профессиональных задач, готовностью к профессиональному росту
ПК-12 (профессиональные компетенции)	способностью разрабатывать и оптимизировать современные наукоемкие технологии в различных областях технической физики с учетом экономических и экологических требований
ПК-19 (профессиональные компетенции)	готовностью управлять программами освоения новой продукции и технологии, разрабатывать эффективную стратегию
ПК-8 (профессиональные компетенции)	способностью представлять результаты исследования в формах отчетов, рефератов, публикаций и презентаций

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.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

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 3 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.	1		2	2	0	
2.	Тема 2. Продольные колебания газа в системах с продольным градиентом температуры	1		4	4	0	
3.	Тема 3. Теоретические модели термоакустических колебаний газа	1		4	4	0	
4.	Тема 4. Теория явления Рийке	1		2	4	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. Возбуждение звука в неравномерно нагретом резонаторе Гельмгольца	1		2	4	0	
6.	Тема 6. Расчет Эффекта Зондхаусса	1		2	4	0	
7.	Тема 7. Термоакустические колебания газа в канале с переменным тепловым сопротивлением	1		2	4	0	
	Тема . Итоговая форма контроля	1		0	0	0	Зачет
	Итого			18	26	0	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Введение.

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

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

#### **практическое занятие (2 часа(ов)):**

Рассмотреть примеры задач по теме с преподавателем.

### Тема 2. Продольные колебания газа в системах с продольным градиентом температуры

#### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Процесс самовозбуждения акустических колебаний газа, когда ему сообщается теплота, выделяемая при горении или путем теплопередачи от нагретых тел, известен с работ Хиггинса, Рэля, Рийке, Зондхаусса. В литературе это явление называют также вибрационным, или пульсационным горением, неустойчивостью горения, термическим возбуждением звука, термоакустическими колебаниями. При исследовании термоакустических колебаний обычно считается, что поток газа состоит из двух частей - холодной и горячей, разделенных плоскостью, в которой происходит скачок температуры, а ее распределение по оси канала имеет ступенчатый характер. В достаточно длинных камерах сгорания, а также при наличии охлаждающих устройств, температуры газа в зоне горения и на выходе из установки значительно отличаются. Появляется продольный градиент скорости звука, учет которого, а также присутствия в потоке плохообтекаемых тел - стабилизаторов пламени, вносит существенные изменения в постановку задач исследования термоакустических колебаний. В настоящее время не разработана методика, которая сравнительно просто позволила бы, во-первых, проводить расчеты границ неустойчивости, частот и амплитуд автоколебаний газа в конкретных типовых установках с тепловыми источниками и, во-вторых, построить обобщенную теоретическую модель термоакустических колебаний. Есть основания полагать, что энергетический подход даст возможность решить эти задачи.

#### **практическое занятие (4 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. Продольные колебания газа в системах в отсутствие градиента температуры.

### Тема 3. Теоретические модели термоакустических колебаний газа

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Критерий Рэлея Идеализация процессов в области теплоподвода. Акустическая мощность тепловых источников, условия самовозбуждения колебаний. Критерий Рэлея. Решение задач. азличают прямой и обратный термоакустический эффект. Прямой термоакустический эффект впервые был сформулирован Лордом Рэлеем: "Если газу в момент наибольшего сжатия сообщить тепло, а в момент наибольшего разряжения тепло отобрать, то это стимулирует акустические колебания". Таким образом, прямой термоакустический эффект описывает условия преобразования тепловой энергии в акустическую. Вывод критерия Рэлея.

лекционное занятие (4 часа(ов)): 1. Идеализация процессов в области теплоподвода 2.

Акустическая мощность области теплоподвода, условия самовозбуждения колебаний 3.

Характеристическое уравнение задачи исследования границ неустойчивости 4.

Комбинированный метод расчета условий самовозбуждения, частоты и амплитуды

установившихся колебаний практическое занятие (6 часа(ов)): 1. Идеализация процессов в

области теплоподвода 2. Акустическая мощность области теплоподвода, условия

самовозбуждения колебаний 3. Характеристическое уравнение задачи исследования границ

неустойчивости 4. Комбинированный метод расчета условий самовозбуждения, частоты и

амплитуды установившихся колебаний

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Решение задач по теме.

**Тема 4. Теория явления Рийке**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Основные характеристики. Описание закономерности областей возбуждения колебаний с

помощью эффекта Рийке. Сравнение теоретических и экспериментальных данных. Решение

задач. Интересным случаем термических автоколебаний является эффект Рийке, т.е.

генерация звука в открытой с обоих концов трубе, в которой находится внутренний источник

тепла, при наличии потока газа через нагреватель. Характерной особенностью эффекта

является замкнутость областей возбуждения колебаний, т.е. прекращение колебаний при

достаточно больших и достаточно малых скоростях потока. Наиболее удачную теорию

эффекта Рийке предложил Раушенбах. Но он воспользовался решением Лайтхилла задачи о

теплообмене одиночной проволоки в бесконечном пространстве при наложенных звуковых

колебаниях. Использование этих результатов для случая сетки, которая служит источником

тепла в трубе, как указывал сам Раушенбах, может дать только качественное представление о

явлении. К тому же указанные результаты не позволяют построить замкнутые области

возбуждения колебаний, то есть не объясняют прекращение колебаний при малых скоростях

потока. Оценка показывает, что объяснение нижних пределов пульсации температуры

нагревателя возможно лишь при нагревательных элементах небольшого размера.

Предлагаемая теория эффекта Рийке хорошо описывает закономерности областей

возбуждения колебаний.

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Решение задач по теме.

**Тема 5. Возбуждение звука в неравномерно нагретом резонаторе Гельмгольца**

**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.

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Решение задач по теме.

**Тема 6. Расчет Эффекта Зондхаусса**

**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.

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Решение задач по теме.

**Тема 7. Термоакустические колебания газа в канале с переменным тепловым сопротивлением****лекционное занятие (2 часа(ов)):**

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

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Решение задач по теме.

**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
1.	Тема 1. Введение.	1		Повторение темы лекции. Просмотр дополнительной литературы по теме. Решение задач.	6	Устный доклад.
2.	Тема 2. Продольные колебания газа в системах с продольным градиентом температуры	1		Повторение темы лекции. Просмотр дополнительной литературы по теме. Решение задач.	10	Устный доклад, предоставление решенных задач в письменном виде.
3.	Тема 3. Теоретические модели термоакустических колебаний газа	1		Повторение темы лекции. Просмотр дополнительной литературы по теме. Решение задач.	10	Устный доклад, предоставление решенных задач в письменном виде.
4.	Тема 4. Теория явления Рийке	1		Повторение темы лекции. Просмотр дополнительной литературы по теме. Решение задач.	8	Устный доклад, предоставление решенных задач в письменном виде.
5.	Тема 5. Возбуждение звука в неравномерно нагретом резонаторе Гельмгольца	1		Повторение темы лекции. Просмотр дополнительной литературы по теме. Решение задач.	10	Устный доклад, предоставление решенных задач в письменном виде.



N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
6.	Тема 6. Расчет Эффекта Зондхаусса	1		Повторение темы лекции. Просмотр дополнительной литературы по теме. Решение задач.	10	Устный доклад, предоставление решенных задач в письменном виде.
7.	Тема 7. Термоакустические колебания газа в канале с переменным тепловым сопротивлением	1		Повторение темы лекции. Просмотр дополнительной литературы по теме. Решение задач.	10	Устный доклад, предоставление решенных задач в письменном виде.
	Итого				64	

### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе 'БиблиоРоссика', доступ к которой предоставлен обучающимся. В ЭБС 'БиблиоРоссика' представлены коллекции актуальной научной и учебной литературы по гуманитарным наукам, включающие в себя публикации ведущих российских издательств гуманитарной литературы, издания на английском языке ведущих американских и европейских издательств, а также редкие и малотиражные издания российских региональных вузов. ЭБС 'БиблиоРоссика' обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе 'ZNANIUM.COM', доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС 'ZNANIUM.COM' содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства 'Лань', доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства 'Лань' включает в себя электронные версии книг издательства 'Лань' и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства 'Лань' обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.



Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе 'Консультант студента', доступ к которой предоставлен обучающимся. Многопрофильный образовательный ресурс 'Консультант студента' является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы.

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

### **Тема 1. Введение.**

Устный доклад, , примерные вопросы:

Введение. Продольные колебания газа в системах с продольным градиентом температуры  
Теоретические модели термоакустических колебаний газа. Теория явления Рийке.

Возбуждение звука в неравномерно нагретом резонаторе Гельмгольца. Расчет Эффекта Зондхаусса. Термоакустические колебания газа в канале с переменным тепловым сопротивлением

### **Тема 2. Продольные колебания газа в системах с продольным градиентом температуры**

Устный доклад, предоставление решенных задач в письменном виде. , примерные вопросы:

Вычислить поток акустической энергии, входящей в область теплоподвода, если по трубе в положительном направлении оси  $x$  распространяется плоская звуковая волна. Диаметр трубы 0.04 м, УЗД ? уровень звукового давления на входе в область теплоподвода 160 дБ, средняя плотность газа 1.23 кг/м<sup>3</sup> , скорость звука 343м/с

### **Тема 3. Теоретические модели термоакустических колебаний газа**

Устный доклад, предоставление решенных задач в письменном виде. , примерные вопросы:

. Найти количество акустической энергии, теряемой в пристеночной области трубы, закрытой на входе, открытой на выходе. Газ, имеющий температуру  $T_{(2,0)}=10^3$  К, совершает колебания с частотой первой гармоники и максимальной амплитудой пульсаций давления 200 Па. Длина трубы 2 м, радиус 20 мм,  $\gamma = 1.4$ ,  $Pr = 0.73$ , плотность газа и вязкость при  $T_{(1,0)}=293$  К равны 1.23 кг/м<sup>3</sup> и  $1.5 \cdot 10^{-5}$  мПа<sup>2</sup> /с, соответственно.

### **Тема 4. Теория явления Рийке**

Устный доклад, предоставление решенных задач в письменном виде. , примерные вопросы:

Вычислить потери акустической энергии, вызванные излучением звука на открытом конце трубы, закрытой на входе, заполненной газом с одинаковой температурой. Данные для расчета такие же, как в задаче 2.3. Решить задачу для первых двух частот колебаний.

### **Тема 5. Возбуждение звука в неравномерно нагретом резонаторе Гельмгольца**

Устный доклад, предоставление решенных задач в письменном виде. , примерные вопросы:

Установка типа емкость?труба, в которой входным устройством является открытая труба для поступления воздуха из атмосферы.

### **Тема 6. Расчет Эффекта Зондхаусса**

Устный доклад, предоставление решенных задач в письменном виде. , примерные вопросы:

Объяснить, почему колебания газа в трубе Рийке наиболее интенсивные, когда сетка расположена на расстоянии 1/4 длины трубы от нижнего конца

### **Тема 7. Термоакустические колебания газа в канале с переменным тепловым сопротивлением**

Устный доклад, предоставление решенных задач в письменном виде. , примерные вопросы:

Найти положения сетки в трубе Рийке, при которых возбуждаются колебания с частотой второй гармоники. Использовать упрощения.

## 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 тепового сопротивления.

### 7.1. Основная литература:

1. Хайкин С. Э. (Семен Эммануилович). Физические основы механики: учеб. пособие. Москва Лань, 2008. ЭБС Издательство ЛАНЬ.
2. Поль Р. В. Механика, акустика и учение о теплоте. с изм. и доп. по 13-му изд. Москва Гос. изд-во техн.-теорет. лит, 1957. ЭБС Университетская библиотека ONLINE.
3. Путилов К. А. Курс физики Акустика. Молекулярная физика. Термодинамика. 11-е изд. Москва Гос. изд-во физико-математической лит, 1963. ЭБС Университетская библиотека ONLINE.

### 7.2. Дополнительная литература:

1. Иванов Н. И. (Николай Игоревич). Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом. Москва Издательская группа 'Логос', 2008. ЭБС ZNANIUM.COM.
2. Яковлевич П., Уфимцев П. Я. (Петр. Основы физической теории дифракции. Москва БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. ЭБС ZNANIUM.COM, ЭБС Консультант студента.
3. Ларичкин В. В. (Владимир Викторович), and Гусев К. П. Техническая акустика и защита от шума. Новосибирск Новосибирский государственный технический университет (НГТУ), 2011. ЭБС ZNANIUM.COM

### 7.3. Интернет-ресурсы:

Колебания и волны. Физика. Наука. Электронные учебники. -

[libedu.ru?nauka/fizika/kolebanija\\_i\\_volny/](http://libedu.ru?nauka/fizika/kolebanija_i_volny/)

Линейные колебания и волны - [sgu.ru?files/nodes/62639/oswave.pdf](http://sgu.ru?files/nodes/62639/oswave.pdf)

Теория термоакустических колебаний газа -

<http://bars.kfu-elearning.ru/course/category.php?id=656>

Теория термоакустических колебаний газа - [http://kpfu.ru/main?p\\_id=20434&p\\_lang=&p\\_type=3](http://kpfu.ru/main?p_id=20434&p_lang=&p_type=3)

Электронный мультимедийный учебник по разделу физики "Колебания и Волны" - [koi.tspu.ru?waves/](http://koi.tspu.ru?waves/)

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

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 "БиблиоРоссика", доступ к которой предоставлен студентам. В ЭБС "БиблиоРоссика" представлены коллекции актуальной научной и учебной литературы по гуманитарным наукам, включающие в себя публикации ведущих российских издательств гуманитарной литературы, издания на английском языке ведущих американских и европейских издательств, а также редкие и малотиражные издания российских региональных вузов. ЭБС "БиблиоРоссика" обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен студентам. Электронная библиотечная система "Консультант студента" предоставляет полнотекстовый доступ к современной учебной литературе по основным дисциплинам, изучаемым в медицинских вузах (представлены издания как чисто медицинского профиля, так и по естественным, точным и общественным наукам). ЭБС предоставляет вузу наиболее полные комплекты необходимой литературы в соответствии с требованиями государственных образовательных стандартов с соблюдением авторских и смежных прав.

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, audi, 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.

Специализированная лаборатория оснащена оборудованием, необходимым для проведения лабораторных работ, практических занятий и самостоятельной работы по отдельным дисциплинам, а также практик и научно-исследовательской работы обучающихся. Лаборатория рассчитана на одновременную работу обучающихся академической группы либо подгруппы. Занятия проводятся под руководством сотрудника университета, контролирующего выполнение видов учебной работы и соблюдение правил техники безопасности. Качественный и количественный состав оборудования и расходных материалов определяется спецификой образовательных программ.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 16.04.01 "Техническая физика" и магистерской программе не предусмотрено .

Автор(ы):

Иовлева О.В. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Ларионов В.М. \_\_\_\_\_

Ларионов Виктор Михайлович \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.