

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



подписано электронно-цифровой подписью

**Программа дисциплины**

Тепломассообмен в колеблющихся средах М1.ДВ.2

Направление подготовки: 223200.68 - Техническая физика

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Ткаченко Л.А., Ткаченко Людмила Александровна

**Рецензент(ы):**

Ларионов В.М.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Кашапов Н. Ф.

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

Учебно-методическая комиссия Института физики:

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

Регистрационный No 67914

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) Ткаченко Л.А. , LATkachenko@kpfu.ru ; Ткаченко Людмила Александровна

### 1. Цели освоения дисциплины

Учебная дисциплина "Тепломассообмен в колеблющихся средах" относится к вариативной части общенаучного цикла дисциплин учебного плана подготовки магистров и имеет своей целью формирование у обучающихся перечисленных ниже компетенций, основанных на усвоении современных представлений о воздействии колебаний на гидромеханику и теплообмен однофазных и многофазных вязких течений, а также о методах расчета тепломассообмена в таких течениях.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " М1.ДВ.2 Общенаучный" основной образовательной программы 223200.68 Техническая физика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 2 курсе, 3 семестр.

Курс "Тепломассообмен в колеблющихся средах" излагается в первом семестре. Курс опирается на знания по курсам "Механика жидкости, газа и плазмы", "Теория тепломассобмена", "Нестационарный тепломассообмен". После ознакомления с курсом лекций студенты должны уметь квалифицированно подходить к постановке задач, выбору объектов исследования в связи с их строением и структурой при решении научных и научно-прикладных проблем, связанных с подготовкой магистерской диссертации.

### 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 и прикладных 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:

- основные особенности научного метода познания;
- основные логические методы и приемы научного исследования;
- методологические теории и принципы современной технической физики;
- историю развития и современные проблемы технической физики, их философско-этический контекст, связь с другими разделами естествознания;

- стратегию научного поиска;
- методы организации научно-исследовательской работы;
- основные понятия, закономерности и методы математического моделирования тепломассобмена в колеблющихся потоках.

2. должен уметь:

- осуществлять методологическое обоснование научного исследования;
- взаимодействовать со специалистами в других предметных областях;
- осуществлять поиск научно-технической и образовательной информации;
- самостоятельно выбрать адекватную модель тепломассообмена в изучаемых колеблющихся потоках, составить алгоритм расчета, составить программу (в необходимых случаях - воспользоваться известными пакетами прикладных программ) и произвести необходимые вычисления на компьютере.

3. должен владеть:

- методологией научных исследований;
- навыками логико-методологического анализа;
- интерпретацией результатов научного исследования;
- способность работать в междисциплинарном коллективе;
- методами управления знаниями;
- методами научного поиска, методами автоматизации физического эксперимента;
- методами организации дистанционного обучения;
- технологиями и средствами проведения видеоконференций;
- методами математического моделирования объектов технической физики.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

- основные особенности научного метода познания;
- основные логические методы и приемы научного исследования;
- методологические теории и принципы современной технической физики;
- историю развития и современные проблемы технической физики, их философско-этический контекст, связь с другими разделами естествознания;
- стратегию научного поиска;
- методы организации научно-исследовательской работы;
- основные понятия, закономерности и методы математического моделирования тепломассобмена в колеблющихся потоках.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

- осуществлять методологическое обоснование научного исследования;
- взаимодействовать со специалистами в других предметных областях;
- осуществлять поиск научно-технической и образовательной информации;
- самостоятельно выбрать адекватную модель тепломассообмена в изучаемых колеблющихся потоках, составить алгоритм расчета, составить программу (в необходимых случаях - воспользоваться известными пакетами прикладных программ) и произвести необходимые вычисления на компьютере.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

- методологией научных исследований;
- навыками логико-методологического анализа;
- интерпретацией результатов научного исследования;
- способность работать в междисциплинарном коллективе;
- методами управления знаниями;

- методами научного поиска, методами автоматизации физического эксперимента;
- методами организации дистанционного обучения;
- технологиями и средствами проведения видеоконференций;
- методами математического моделирования объектов технической физики.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

- способность разрабатывать и оптимизировать современные наукоемкие технологии в различных областях технической физики и энергетики с учетом экономических и экологических требований;
- готовность и способность применять физические и технические методы теоретического и экспериментального исследования, методы математического анализа и моделирования для постановки задач по развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких технологий в области технической физики и энергетики.

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 3 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. Историческая справка, основные понятия и терминология	3		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	
2.	Тема 2. Основные закономерности течения и теплообмена при воздействии колебаний Переменные, описывающие процессы переноса. Уравнение движения, состояния, энергии. Граничные условия. Внутренняя энергия. Диссипация энергии: декремент затухания. Безразмерные параметры.	3		2	0	0	
3.	Тема 3. Основные закономерности течения и теплообмена при воздействии колебаний Движение при	3		0	2	0	
4.	Тема 4. Основные закономерности течения и теплообмена при воздействии колебаний Взаимодействие на границе раздела фаз	3		0	2	0	
5.	Тема 5. Основные закономерности течения и теплообмена при воздействии колебаний Малые частицы: средний объем, масса, концентрация, уравнения сохранения для частицы.	3		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	
6.	Тема 6. Движение и теплообмен твердых частиц в волновых полях. Динамика твердых частиц, взвешенных в несжимаемой жидкости, при вибрационных воздействиях. Волновые силы. Коэффициент теплопередачи: низкие частоты, тепловое время релаксации.	3		4	0	0	
7.	Тема 7. Движение и теплообмен твердых частиц в волновых полях. Движение твердых частиц, взвешенных в волновых полях в сжимаемой среде	3		0	2	0	
8.	Тема 8. Движение и теплообмен твердых частиц в волновых полях. Обтекание твердой частицы	3		0	2	0	
9.	Тема 9. Движение и теплообмен твердых частиц в волновых полях. Тепло- и массообмен около частицы	3		0	2	0	
10.	Тема 10. Движение и теплообмен твердых частиц в волновых полях. Частица в колеблющемся температурном поле неустановившийся коэффициент теплопередачи	3		0	2	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. Движение и теплообмен твердых частиц в волновых полях. Дрейф при : давление жидкости, воздействие жидкости; затухание колебаний.	3		0	0	0	
12.	Тема 12. Тепло- и массообмен в паро- и газожидкостных средах Движение пузырьков в волновых полях. Динамика газовых включений в колеблющейся вязкой жидкости. Распространение звука в паро- и газожидкостных средах. Волновые уравнения. Тепловые процессы в волновой динамике пузырьков систем.	3		4	0	0	
13.	Тема 13. Тепло- и массообмен в паро- и газожидкостных средах Волновые уравнения для среды с диссипативными эффектами	3		0	2	0	
14.	Тема 14. Тепло- и массообмен в паро- и газожидкостных средах Обтекание капли и пузырька	3		0	2	0	
15.	Тема 15. Тепло- и массообмен в паро- и газожидкостных средах Тепло- и массообмен около капли или пузырька	3		0	2	0	
16.	Тема 16. Тепло- и массообмен в паро- и газожидкостных средах Коэффициент затухания	3		0	2	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	
17.	Тема 17. Тепло- и массообмен в паро- и газообразных средах Волновые уравнения для среды без диссипации энергии. Комплексное волновое число.	3		0	0	0	
18.	Тема 18. Динамика аэрозолей при нелинейных колебаниях в ограниченных средах Акустическая коагуляция аэрозолей. Уравнения коагуляции. Коагуляция аэрозолей под действием периодических ударных волн. Коагуляция аэрозоля в трубе вблизи субгармонического резонанса. Движение твердых сферических частиц в волновом поле акустических резонаторов.	3		2	0	0	
19.	Тема 19. Динамика аэрозолей при нелинейных колебаниях в ограниченных средах Коагуляция аэрозолей под действием ультразвуковых колебаний	3		0	4	0	
20.	Тема 20. Динамика аэрозолей при нелинейных колебаниях в ограниченных средах Влияние начальной концентрации капель аэрозоля на коагуляцию и осаждение в трубах	3		0	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	
21.	Тема 21. Динамика аэрозолей при нелинейных колебаниях в ограниченных средах Влияние режима колебаний на коагуляцию и осаждение капель аэрозоля	3		0	4	0	
22.	Тема 22. Динамика аэрозолей при нелинейных колебаниях в ограниченных средах Сепарация частиц в волновом поле трубы	3		0	4	0	
23.	Тема 23. Динамика аэрозолей при нелинейных колебаниях в ограниченных средах Влияние диаметра и массы частиц на их движение в волновом поле	3		0	4	0	
24.	Тема 24. Динамика аэрозолей при нелинейных колебаниях в ограниченных средах Решение Смолуховского. Влияние интенсивности колебаний, обусловленное изменением длины трубы на нелинейные колебания аэрозоля. Динамика частицы в открытых трубах	3		0	0	0	
	Тема . Итоговая форма контроля	3		0	0	0	зачет
	Итого			14	40	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

**Тема 1. Введение. Историческая справка, основные понятия и терминология лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Предмет изучения. Историческая справка. Основные понятия и терминология.

**Тема 2. Основные закономерности течения и теплообмена при воздействии колебаний**  
**Переменные, описывающие процессы переноса. Уравнение движения, состояния, энергии. Граничные условия. Внутренняя энергия. Диссипация энергии: декремент затухания. Безразмерные параметры.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Переменные, описывающие процессы переноса. Уравнение движения, состояния, энергии. Граничные условия. Внутренняя энергия. Диссипация энергии: декремент затухания. Безразмерные параметры.

**Тема 3. Основные закономерности течения и теплообмена при воздействии колебаний**  
**Движение при**

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

Движение при  $Re \rightarrow 0$ .

**Тема 4. Основные закономерности течения и теплообмена при воздействии колебаний**  
**Взаимодействие на границе раздела фаз**

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

Взаимодействие на границе раздела фаз

**Тема 5. Основные закономерности течения и теплообмена при воздействии колебаний**  
**Малые частицы: средний объем, масса, концентрация, уравнения сохранения для частицы.**

**Тема 6. Движение и теплообмен твердых частиц в волновых полях. Динамика твердых частиц, взвешенных в несжимаемой жидкости, при вибрационных воздействиях. Волновые силы. Коэффициент теплопередачи: низкие частоты, тепловое время релаксации.**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Динамика твердых частиц, взвешенных в несжимаемой жидкости, при вибрационных воздействиях. Волновые силы. Коэффициент теплопередачи: низкие частоты, тепловое время релаксации.

**Тема 7. Движение и теплообмен твердых частиц в волновых полях. Движение твердых частиц, взвешенных в волновых полях в сжимаемой среде**

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

Движение твердых частиц, взвешенных в волновых полях в сжимаемой среде

**Тема 8. Движение и теплообмен твердых частиц в волновых полях. Обтекание твердой частицы**

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

Обтекание твердой частицы

**Тема 9. Движение и теплообмен твердых частиц в волновых полях. Тепло- и массообмен около частицы**

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

Тепло- и массообмен около частицы

**Тема 10. Движение и теплообмен твердых частиц в волновых полях. Частица в колеблющемся температурном поле неустановившийся коэффициент теплопередачи**

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

Частица в колеблющемся температурном поле, неустановившийся коэффициент теплопередачи

**Тема 11. Движение и теплообмен твердых частиц в волновых полях. Дрейф при :  
давление жидкости, воздействие жидкости; затухание колебаний.**

**Тема 12. Тепло- и массообмен в паро- и газожидкостных средах Движение пузырьков в волновых полях. Динамика газовых включений в колеблющейся вязкой жидкости.**

**Распространение звука в паро- и газожидкостных средах. Волновые уравнения.**

**Тепловые процессы в волновой динамике пузырьков систем.**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Движение пузырьков в волновых полях. Динамика газовых включений в колеблющейся вязкой жидкости. Распространение звука в паро- и газожидкостных средах. Волновые уравнения. Тепловые процессы в волновой динамике пузырьков систем.

**Тема 13. Тепло- и массообмен в паро- и газожидкостных средах Волновые уравнения для среды с диссипативными эффектами**

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

Волновые уравнения для среды с диссипативными эффектами

**Тема 14. Тепло- и массообмен в паро- и газожидкостных средах Обтекание капли и пузырька**

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

Обтекание капли и пузырька

**Тема 15. Тепло- и массообмен в паро- и газожидкостных средах Тепло- и массообмен около капли или пузырька**

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

Тепло- и массообмен около капли или пузырька

**Тема 16. Тепло- и массообмен в паро- и газожидкостных средах Коэффициент затухания**

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

Коэффициент затухания

**Тема 17. Тепло- и массообмен в паро- и газожидкостных средах Волновые уравнения для среды без диссипации энергии. Комплексное волновое число.**

**Тема 18. Динамика аэрозолей при нелинейных колебаниях в ограниченных средах Акустическая коагуляция аэрозолей. Уравнения коагуляции. Коагуляция аэрозолей под действием периодических ударных волн. Коагуляция аэрозоля в трубе вблизи субгармонического резонанса. Движение твердых сферических частиц в волновом поле акустических резонаторов.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Акустическая коагуляция аэрозолей. Уравнения коагуляции. Коагуляция аэрозолей под действием периодических ударных волн. Коагуляция аэрозоля в трубе вблизи субгармонического резонанса. Движение твердых сферических частиц в волновом поле акустических резонаторов.

**Тема 19. Динамика аэрозолей при нелинейных колебаниях в ограниченных средах Коагуляция аэрозолей под действием ультразвуковых колебаний**

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

Коагуляция аэрозолей под действием ультразвуковых колебаний

**Тема 20. Динамика аэрозолей при нелинейных колебаниях в ограниченных средах Влияние начальной концентрации капель аэрозоля на коагуляцию и осаждение в трубах**

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

Влияние начальной концентрации капель аэрозоля на коагуляцию и осаждение в трубах

**Тема 21. Динамика аэрозолей при нелинейных колебаниях в ограниченных средах Влияние режима колебаний на коагуляцию и осаждение капель аэрозоля**

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

Влияние режима колебаний на коагуляцию и осаждение капель аэрозоля

**Тема 22. Динамика аэрозолей при нелинейных колебаниях в ограниченных средах Сепарация частиц в волновом поле трубы**

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

Сепарация частиц в волновом поле трубы

**Тема 23. Динамика аэрозолей при нелинейных колебаниях в ограниченных средах Влияние диаметра и массы частиц на их движение в волновом поле**

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

Влияние диаметра и массы частиц на их движение в волновом поле

**Тема 24. Динамика аэрозолей при нелинейных колебаниях в ограниченных средах**  
**Решение Смолуховского. Влияние интенсивности колебаний, обусловленное изменением длины трубы на нелинейные колебания аэрозоля. Динамика частицы в открытых трубах**

#### 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
5.	Тема 5. Основные закономерности течения и теплообмена при воздействии колебаний Малые частицы: средний объем, масса, концентрация, уравнения сохранения для частицы.	3		подготовка к письменной работе	6	письменная работа
11.	Тема 11. Движение и теплообмен твердых частиц в волновых полях. Дрейф при : давление жидкости, воздействие жидкости; затухание колебаний.	3		подготовка к письменной работе	16	письменная работа
17.	Тема 17. Тепло- и массообмен в паро- и газожидкостных средах Волновые уравнения для среды без диссипации энергии. Комплексное волновое число.	3		подготовка к письменной работе	16	письменная работа
24.	Тема 24. Динамика аэрозолей при нелинейных колебаниях в ограниченных средах Решение Смолуховского. Влияние интенсивности колебаний, обусловленное изменением длины трубы на нелинейные колебания аэрозоля. Динамика частицы в открытых трубах	3		подготовка к письменной работе	16	письменная работа
	Итого				54	

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

Для изучения дисциплины учебным планом предусмотрено: 14 часов - лекций, 66 часов практических (семинарских) занятий и 28 часов самостоятельной работы студентов. По мере прохождения курса и изучения дисциплины студентам задаются контрольные вопросы. На практических (семинарских) занятиях предлагаются короткие дискуссии и обсуждение отдельных тем курса, выполняется решение задач. Самостоятельная работа состоит из работы над темами для самостоятельного изучения, подготовки к практическим занятиям, выполнения домашних контрольных работ и подготовки к зачету. По завершению курса форма контроля - зачет. Перед зачетом - плановая консультация по всему курсу. К зачету допускаются студенты, выполнившие аудиторские и домашние контрольные работы. Аттестация и зачет ставится по итогам занятий - регулярности посещения занятий, участия в дискуссиях, выполнению аудиторских и домашних заданий. На зачете студенту предлагается ответить на два вопроса по изучаемому курсу. При необходимости преподаватель может задавать дополнительные вопросы по его усмотрению.

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

**Тема 1. Введение. Историческая справка, основные понятия и терминология**

**Тема 2. Основные закономерности течения и теплообмена при воздействии колебаний**  
Переменные, описывающие процессы переноса. Уравнение движения, состояния, энергии. Граничные условия. Внутренняя энергия. Диссипация энергии: декремент затухания. Безразмерные параметры.

**Тема 3. Основные закономерности течения и теплообмена при воздействии колебаний**  
Движение при

**Тема 4. Основные закономерности течения и теплообмена при воздействии колебаний**  
Взаимодействие на границе раздела фаз

**Тема 5. Основные закономерности течения и теплообмена при воздействии колебаний**  
Малые частицы: средний объем, масса, концентрация, уравнения сохранения для частицы.

письменная работа, примерные вопросы:

Малые частицы: средний объем, масса, концентрация, уравнения сохранения для частицы.

**Тема 6. Движение и теплообмен твердых частиц в волновых полях. Динамика твердых частиц, взвешенных в несжимаемой жидкости, при вибрационных воздействиях.**  
Волновые силы. Коэффициент теплопередачи: низкие частоты, тепловое время релаксации.

**Тема 7. Движение и теплообмен твердых частиц в волновых полях. Движение твердых частиц, взвешенных в волновых полях в сжимаемой среде**

**Тема 8. Движение и теплообмен твердых частиц в волновых полях. Обтекание твердой частицы**

**Тема 9. Движение и теплообмен твердых частиц в волновых полях. Тепло- и массообмен около частицы**

**Тема 10. Движение и теплообмен твердых частиц в волновых полях. Частица в колеблющемся температурном поле неустановившийся коэффициент теплопередачи**

**Тема 11. Движение и теплообмен твердых частиц в волновых полях. Дрейф при :  
давление жидкости, воздействие жидкости; затухание колебаний.**

письменная работа, примерные вопросы:

Дрейф при  $Re \ll 1$ : давление жидкости, воздействие жидкости; затухание колебаний.

**Тема 12. Тепло- и массообмен в паро- и газожидкостных средах Движение пузырьков в волновых полях. Динамика газовых включений в колеблющейся вязкой жидкости. Распространение звука в паро- и газожидкостных средах. Волновые уравнения. Тепловые процессы в волновой динамике пузырьков систем.**

**Тема 13. Тепло- и массообмен в паро- и газожидкостных средах Волновые уравнения для среды с диссипативными эффектами**

**Тема 14. Тепло- и массообмен в паро- и газожидкостных средах Обтекание капли и пузырька**

**Тема 15. Тепло- и массообмен в паро- и газожидкостных средах Тепло- и массообмен около капли или пузырька**

**Тема 16. Тепло- и массообмен в паро- и газожидкостных средах Коэффициент затухания**

**Тема 17. Тепло- и массообмен в паро- и газожидкостных средах Волновые уравнения для среды без диссипации энергии. Комплексное волновое число.**

письменная работа, примерные вопросы:

Вывод волновых уравнений для среды без диссипации энергии. Получение комплексного волнового числа.

**Тема 18. Динамика аэрозолей при нелинейных колебаниях в ограниченных средах Акустическая коагуляция аэрозолей. Уравнения коагуляции. Коагуляция аэрозолей под действием периодических ударных волн. Коагуляция аэрозоля в трубе вблизи субгармонического резонанса. Движение твердых сферических частиц в волновом поле акустических резонаторов.**

**Тема 19. Динамика аэрозолей при нелинейных колебаниях в ограниченных средах Коагуляция аэрозолей под действием ультразвуковых колебаний**

**Тема 20. Динамика аэрозолей при нелинейных колебаниях в ограниченных средах Влияние начальной концентрации капель аэрозоля на коагуляцию и осаждение в трубах**

**Тема 21. Динамика аэрозолей при нелинейных колебаниях в ограниченных средах Влияние режима колебаний на коагуляцию и осаждение капель аэрозоля**

**Тема 22. Динамика аэрозолей при нелинейных колебаниях в ограниченных средах Сепарация частиц в волновом поле трубы**

**Тема 23. Динамика аэрозолей при нелинейных колебаниях в ограниченных средах Влияние диаметра и массы частиц на их движение в волновом поле**

**Тема 24. Динамика аэрозолей при нелинейных колебаниях в ограниченных средах Решение Смолуховского. Влияние интенсивности колебаний, обусловленное изменением длины трубы на нелинейные колебания аэрозоля. Динамика частицы в открытых трубах**

письменная работа, примерные вопросы:

Получение решения Смолуховского. Изучение влияния интенсивности колебаний, обусловленного изменением длины трубы, на нелинейные колебания аэрозоля. Исследование динамики частицы в открытых трубах

**Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

Список контрольных вопросов к зачету

1. Переменные, описывающие процессы переноса в гетерогенных средах.
2. Уравнение движения, состояния, энергии. Граничные условия.
3. Внутренняя энергия.
4. Диссипация энергии: декремент затухания.
5. Безразмерные параметры.
6. Малые частицы: средний объем, масса, концентрация, уравнения сохранения для частицы.
7. Движение при  $Re \rightarrow 0$ .
8. Взаимодействие на границе раздела фаз.

9. Динамика твердых частиц, взвешенных в несжимаемой жидкости, при вибрационных воздействиях.
10. Движение твердых частиц, взвешенных в волновых полях в сжимаемой среде.
11. Волновые силы.
12. Дрейф при  $Re \ll 1$ : давление жидкости, воздействие жидкости; затухание колебаний.
13. Обтекание твердой частицы.
14. Коэффициент теплопередачи: низкие частоты, тепловое время релаксации.
15. Частица в колеблющемся температурном поле неустановившийся коэффициент теплопередачи
16. Тепло- и массообмен около частицы
17. Движение пузырьков в волновых полях.
18. Динамика газовых включений в колеблющейся вязкой жидкости.
19. Распространение звука в паро- и газожидкостных средах.
20. Волновые уравнения для среды без диссипации энергии.
21. Волновые уравнения для среды с диссипативными эффектами
22. Комплексное волновое число.
23. Коэффициент затухания
24. Тепловые процессы в волновой динамике пузырьков систем.
25. Обтекание капли и пузырька.
26. Тепло- и массообмен около капли или пузырька
27. Акустическая коагуляция аэрозолей.
28. Уравнения коагуляции.
29. Решение Смолуховского.
30. Коагуляция аэрозолей под действием периодических ударных волн.
31. Коагуляция аэрозолей под действием ультразвуковых колебаний.
32. Коагуляция аэрозоля в трубе вблизи субгармонического резонанса.
33. Влияние интенсивности колебаний, обусловленное изменением длины трубы на нелинейные колебания аэрозоля.
34. Влияние начальной концентрации капель аэрозоля на коагуляцию и осаждение в трубах
35. Влияние режима колебаний на коагуляцию и осаждение капель аэрозоля.
36. Особенности ускоренной коагуляции аэрозоля в открытой трубе
37. Движение твердых сферических частиц в волновом поле акустических резонаторов.
38. Влияние диаметра и массы частиц на их движение в волновом поле
39. Сепарация частиц в волновом поле трубы.
40. Динамика частицы в открытых трубах.

### 7.1. Основная литература:

1. Тепломассообмен: Учебное пособие / А.А. Кудинов. - М.: ИНФРА-М, 2012. - 375 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование). (переплет) ISBN 978-5-16-004729-4, 500 экз.  
<http://znanium.com/bookread.php?book=238920>
2. Тепломассообмен: Учебник / О.Н. Брюханов, С.Н. Шевченко. - М.: НИЦ Инфра-М, 2012. - 464 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (переплет) ISBN 978-5-16-004803-1, 500 экз. <http://znanium.com/bookread.php?book=258657>
3. Гидродинамика и тепломассообмен пленочных течений в полях массовых сил и их приложения: Монография / М.И. Шиляев, А.В. Толстых. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 198 с.: 60x88 1/16. - (Научная мысль; Гидродинамика). (о) ISBN 978-5-16-009291-1, 500 экз.  
<http://znanium.com/bookread.php?book=43042>

### 7.2. Дополнительная литература:



1. Аналитические решения параболических и гиперболических уравнений тепломассопереноса: Учеб. пос. / И.В.Кудинов и др.; Под ред. Э.М.Карташова - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2013 - 391 с.: 60x90 1/16. - (Высш. обр.: Бакалавр.). (п) ISBN 978-5-16-006724-7, 500 экз.  
<http://znanium.com/bookread.php?book=405593>
2. Гидродинамика и тепломассообмен пленочных течений в полях массовых сил и их приложения: Монография / М.И. Шиляев, А.В. Толстых. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 198 с.: 60x88 1/16. - (Научная мысль; Гидродинамика). (о) ISBN 978-5-16-009291-1, 500 экз.  
<http://znanium.com/bookread.php?book=430423>

### 7.3. Интернет-ресурсы:

Нелинейные колебания аэрозолей в трубах - <http://imm.knc.ru/sb2011/Tkachenko.pdf>

Динамика многофазных сред - <http://www.twirpx.com/file/400145/>

Дрейф частиц в волновых полях резонаторов - [http://imm.knc.ru/sb2011/Gubaidullin\\_Osipov.pdf](http://imm.knc.ru/sb2011/Gubaidullin_Osipov.pdf)

Механика многофазных сред - <http://mechmath.ipmnet.ru/lib/?s=continuous>

Физические аспекты многофазных течений -

[http://mipt.ru/science/trudy/trudy\\_mipt\\_12/Pages\\_108-126\\_from\\_trudy3\\_4\\_final\\_3nov\\_morning-13-arpgw](http://mipt.ru/science/trudy/trudy_mipt_12/Pages_108-126_from_trudy3_4_final_3nov_morning-13-arpgw)

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

Освоение дисциплины "Тепломассообмен в колеблющихся средах" 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.

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

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.

Для самостоятельной работы студентам потребуется возможность выхода в Internet.

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

Автор(ы):

Ткаченко Л.А. \_\_\_\_\_

Ткаченко Людмила Александровна \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Ларионов В.М. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.