

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО
Директор физтех-школы
аэрокосмических технологий
С.С. Негодяев

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Колебания, волны, устойчивость
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Геокосмические науки и технологии Физтех-школа Аэрокосмических Технологий кафедра физической механики
курс:	4
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 8 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Количество контрольных работ, заданий: 1

Программу составили:

Э.Е. Сон, д-р техн. наук, (на удаление) член-корреспондент российской академии наук

В.П. Коновалов, канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник

Программа обсуждена на заседании кафедры физической механики 04.06.2020

Аннотация

Курс "Колебания, волны, устойчивость" относится к вариативной части образовательной программы, изучается на 4 курсе.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- получение студентами знаний о колебательных и волновых процессах как в дискретных, так и в распределенных системах, возникновении и эволюции неустойчивостей и волн в сплошной среде. Сюда включены имеющие общий физический характер резонансные явления, специально рассматриваются акустическая, гидродинамическая и энтропийная моды возмущений в высокотемпературной сплошной среде и их взаимодействие; гидродинамические и тепловые неустойчивости, в том числе конвекция, тепловой взрыв и термоакустика; влияние магнитного поля на устойчивость электропроводящей среды; нелинейность, дисперсия и диссипация волн в среде.

Задачи дисциплины

- подробное изучение студентами разделов курса – колебания в дискретных системах, волны и неустойчивости в распределенных системах, самоорганизация и общие принципы теории колебаний и волн;
- понимание студентами принципов теории волн, линейной теории устойчивости, умение анализировать конкретные волновые и колебательные процессы в среде;
- самостоятельное решение студентами задач неустойчивостей в сплошной среде, включая компьютерное моделирование.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-3 Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде	УК-3.1 Способен устанавливать разные виды коммуникации (учебную, научную, деловую, неформальную и др.)
	УК-3.2 Взаимодействует с другими членами команды для достижения поставленной задачи
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	ОПК-2.1 Способен применять современные вычислительную технику и сервисы сети Интернет в области (сфере) профессиональной деятельности
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- фундаментальные теоретические основы колебательных и волновых явлений;
- вытекающие из них физические эффекты и их закономерности.

уметь:

- теоретически описывать различные типы колебаний, волн и неустойчивостей в сплошной среде;
- оценивать их физические параметры и характеристики;
- давать правильное качественное объяснение возникающих физических эффектов.

владеть:

- качественными и аналитическими методами описания распространения волн и неустойчивостей в сплошной среде, учитывая совместно гидродинамические, термодинамические и электродинамические явления.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Колебания в дискретных системах	8			5
2	Линейные возмущения в высокотемпературной сплошной среде, линейный анализ устойчивости	12			10
3	Нелинейные волны и явления	6			10
4	Самоорганизация и общие принципы теории колебаний и волн	4			5
Итого часов		30			30
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 8 (Весенний)

1. Колебания в дискретных системах

Гармонический осциллятор. Фазовый портрет. Диссипация, декремент, добротность. Вынужденные колебания. Резонансные кривые, максимум и ширина резонанса. Параметрический резонанс. Уравнение Матье. Зоны параметрической неустойчивости. Адиабатические инварианты. Осциллятор с медленно меняющейся частотой. Ангармонический осциллятор. Фазовый портрет, сепаратрисы. Солитоны в математическом маятнике. Понятие устойчивости по Ляпунову. Методы решения задач линейной устойчивости дискретных систем.

2. Линейные возмущения в высокотемпературной сплошной среде, линейный анализ устойчивости

Уравнения гидродинамики, термодинамики и электродинамики для описания высокотемпературной сплошной среды. Линейные возмущения в высокотемпературной сплошной среде. Акустическая, гидродинамическая и энтропийная моды возмущений. Методы исследования устойчивости в гидро-газодинамике: элементарные волны возмущений, интегральные преобразования Фурье и Лапласа, энергетический метод. Акустические колебания. Дисперсия и поглощение акустических волн в газе. Термоакустическая неустойчивость в среде с объемным энерговыделением. Критерий Рэлея.

Гидродинамическая мода колебаний. Устойчивость плоскопараллельных течений вязкой жидкости. Уравнение Орра-Зоммерфельда. Теоремы Рэлея для невязкого течения. Теорема Сквайра.

Неустойчивости Рэлея-Тейлора и Кельвина-Гельмгольца. Устойчивость стратифицированной жидкости в поле тяжести.

Магнитогидродинамические волны Альфвена. Магнитный звук.

Влияние магнитного поля на гидродинамическую устойчивость.

Конвекция жидкости. Неустойчивость горизонтального слоя жидкости, подогреваемой снизу.

Ячейки Бенара. Конвективная неустойчивость в магнитном поле.

Распространение тепла в среде. Тепловые волны. Тепловой взрыв.

3. Нелинейные волны и явления

Малые колебания в плазме. Плазменные колебания, волны Ленгмюра, ионный звук. Поглощение электромагнитных волн.

Гравитационная неустойчивость Джинса, гравитационный коллапс.

Простые волны Римана в газодинамике. Взаимодействие волн.

Нелинейные волны с дисперсией. Уравнение Кортевега де-Вриза. Солитоны.

Влияние диссипации на нелинейные волны. Уравнение Бюргерса. Структура ударной волны.

4. Самоорганизация и общие принципы теории колебаний и волн

Устойчивость, бифуркация и катастрофы. Синергетика.

Хаос и образование упорядоченных структур. Странный аттрактор. Модель Лоренца.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

лекционная учебная аудитория, оснащенная мультимедиа проектором и экраном, персональные компьютеры.

6.Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Теоретическая физика [Текст] : в 10 т. Т. 1 : Механика : учеб. пособие для вузов / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; под ред. Л. П. Питаевского .— 5-е изд., стереотип. — М. : Физматлит, 1988, 2001, 2002, 2004, 2007 .— 224 с.
2. Теоретическая физика [Текст] : в 10 т. Т. 6 : Гидродинамика : учеб. пособие для вузов : рек. М-вом образования Рос. Федерации / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; под ред. Л. П. Питаевского .— 5-е изд., стереотип. — 3-е изд., перераб. — М. : Физматлит, 1986, 1988, 2003, 2006 .— 736 с.
3. Теоретическая физика [Текст] : в 10 т. Т. 8 : Электродинамика сплошных сред : учеб. пособие для ун-тов / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц .— М. : Наука, 1992, 2001, 2003, 2005 .— 662 с.

Дополнительная литература

Фонд литературы кафедры

1. Энциклопедия низкотемпературной плазмы. Т. 1-4. /М.: Наука, 2000.
2. В.М. Иевлев. Турбулентное движение высокотемпературных сплошных сред. / М.: Наука, 1975.
3. В.Е. Фортов. Экстремальные состояния вещества. / М.: Физматлит, 2009.
4. Н.Л.Александров, Э.Е.Сон. Лекции по теории устойчивости гидродинамических и тепловых процессов. / М.: МФТИ, 2000.- М.И.Рабинович, 5. 5. Д.И.Трубецков. Введение в теорию колебаний и волн. / М.: Наука. 1984.
6. К.И.Артамонов. Термогидроакустическая устойчивость. / М.: Машиностроение, 1982.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

<http://lib.mipt.ru> - Электронная библиотека Физтеха

<http://benran.ru> - Библиотека по естественным наукам Российской академии наук

<http://www.britannica.com/topic-browse/Physics> - Encyclopaedia Britannica, Physics

<https://www-amdis.iaea.org> - International Atomic Energy Agency, Atomic and Molecular Data

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Языки математического программирования Fortran, C++, Maple, MathLab, Origin.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Семестровый курс «Колебания, волны, устойчивость» сопровождает и дополняет годовой теоретический курс «Физическая механика». Решение учебных задач предполагает самостоятельно аналитических и компьютерных расчетов под руководством преподавателя и могут выполняются в компьютерных классах кафедры и лаборатории физической механики.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению: Прикладные математика и физика
профиль подготовки: Геокосмические науки и технологии
Физтех-школа Аэрокосмических Технологий
кафедра физической механики
курс: 4
квалификация: бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 8 (весенний) - Экзамен

Разработчики:

Э.Е. Сон, д-р техн. наук, (на удаление) член-корреспондент российской академии наук
В.П. Коновалов, канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-3 Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде	УК-3.1 Способен устанавливать разные виды коммуникации (учебную, научную, деловую, неформальную и др.)
	УК-3.2 Взаимодействует с другими членами команды для достижения поставленной задачи
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	ОПК-2.1 Способен применять современные вычислительную технику и сервисы сети Интернет в области (сфере) профессиональной деятельности
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Колебания, волны, устойчивость» обучающийся должен:

знать:

- фундаментальные теоретические основы колебательных и волновых явлений;
- вытекающие из них физические эффекты и их закономерности.

уметь:

- теоретически описывать различные типы колебаний, волн и неустойчивостей в сплошной среде;
- оценивать их физические параметры и характеристики;
 - давать правильное качественное объяснение возникающих физических эффектов.

владеть:

- качественными и аналитическими методами описания распространения волн и неустойчивостей в сплошной среде, учитывая совместно гидродинамические, термодинамические и электродинамические явления.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

Текущий контроль осуществляется в форме устного опроса на занятиях.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Примеры экзаменационных билетов на экзамене:

Экзаменационный билет № 3

1. Физический маятник. Параметрический резонанс.
2. Оцените разницу фаз между гармоническими возмущениями давления и тепловыделения в газовом объеме, при которой будет развиваться термоакустическая неустойчивость.

Экзаменационный билет № 15

1. Неустойчивость Кельвина-Гельмгольца. Влияние магнитного поля на неустойчивость.
2. Оцените зависимость скорости звука в жидкости от давления.

Экзаменационный билет № 21

1. Нелинейные волны с дисперсией. Уравнение Кортвега де-Вриза, его решение в виде стационарной волны.
2. Оцените период малых колебаний капелек жидкости вне поля тяжести под влиянием поверхностного натяжения.

Критерии оценивания

оценка «отлично (10)» выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины при ответе экзаменационного билета и ответе на вопросы по программе дисциплины;

оценка «отлично (9)» выставляется студенту, показавшему систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины при ответе экзаменационного билета и ответе на вопросы по программе дисциплины;

оценка «отлично (8)» выставляется студенту, показавшему систематизированные, знания учебной программы дисциплины при ответе экзаменационного билета и ответе на вопросы по программе дисциплины;

оценка «хорошо (7)» выставляется студенту, если он твердо знает материал экзаменационного билета, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе некоторые неточности;

оценка «хорошо (6)» выставляется студенту, если он знает материал экзаменационного билета, по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе много неточностей;

оценка «хорошо (5)» выставляется студенту, если он знает материал экзаменационного билета, излагает его, умеет применять полученные знания на практике, не допускает в ответе грубых ошибок;

оценка «удовлетворительно (4)» выставляется студенту если во время ответа экзаменационного билета он показал фрагментарный, характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения;

оценка «удовлетворительно (3)» выставляется студенту, если во время ответа экзаменационного билета он показал разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушение логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации;

оценка «неудовлетворительно (2-1)» выставляется студенту, если во время ответа экзаменационного билета, он показал, что не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Порядок проведения экзамена.

При проведении устного экзамена обучающемуся предоставляется не менее 60 минут на подготовку. При подготовке к ответу на экзамене студенту разрешается пользоваться любой литературой, причем, в первую очередь, рекомендуются его собственные конспекты.

Во время ответа на экзаменационные вопросы (по билету и дополнительные) никакую литературу использовать нельзя. Опрос студента по билету на устном экзамене не должен превышать двух астрономических часов.