

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра общей физики

Авторы-составители: **Фрик Петр Готлобович**
Полудницин Анатолий Николаевич
Бабушкин Игорь Аркадьевич

Рабочая программа дисциплины
ОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ГИДРОДИНАМИКЕ
Код УМК 56141

Утверждено
Протокол №9
от «19» мая 2020 г.

Пермь, 2020

1. Наименование дисциплины

Оптические методы в гидродинамике

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в вариативную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **03.03.02** Физика

направленность Фундаментальная физика

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Оптические методы в гидродинамике** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

03.03.02 Физика (направленность : Фундаментальная физика)

ОПК.4 способность представлять собственные и известные научные результаты с использованием современных средств, ориентируясь на потребности аудитории, в том числе в форме отчетов, презентаций, докладов

ОПК.7 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач

ПК.1 способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин

ПК.2 способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	03.03.02 Физика (направленность: Фундаментальная физика)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	10
Объем дисциплины (з.е.)	4
Объем дисциплины (ак.час.)	144
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	56
Проведение лекционных занятий	28
Проведение практических занятий, семинаров	0
Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку	28
Самостоятельная работа (ак.час.)	88
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Защищаемое контрольное мероприятие (2) Письменное контрольное мероприятие (1)
Формы промежуточной аттестации	Экзамен (10 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Оптические методы в гидродинамике. Первый семестр

- Качественные оптические методы (визуализация потоков).
- Измерения скоростей (Доплеровская анемометрия и PIV).
- Методы восстановления поля показателя преломления
- Основы интерферометрии. Двухлучевой интерферометр.
- Принцип действия теневых приборов. Теневые приборы ИАБ-451 и Свиль-80.
- Практические аспекты применения оптических методов в гидродинамике.

Введение

Практические аспекты применения оптических методов в гидродинамике.

Оптические методы измерения скорости потоков

Принципы работы методов PIV и PTV. Практические аспекты и рекомендации по их использованию. Принципы работы доплеровских анемометров. Практические аспекты и рекомендации по их использованию.

Геометрическая оптика

- Уравнение эйконала.
- Дифференциальные уравнения лучей.
- Уравнения для интенсивности света.

Расчет оптических неоднородностей

- Исследование плоских неоднородностей.
- Осесимметричные неоднородности. Итерационные методы расчета.
- Преобразование Абеля и его обращение. Метод расчета на основании инверсии Абеля.
- Исследование трехмерных оптических неоднородностей.
- Оптическая томография.
- Преобразование Радона и его обращение.
- Практические аспекты исследования сложных пространственных неоднородностей.
- Исследование пограничных слоев оптическими методами. Расчет на основе инверсии Абеля.
- Осесимметричные неоднородности с сильной рефракцией.

Спектральный анализ турбулентных полей

- Преобразование Фурье и его основные свойства.
- Спектральный анализ временных рядов.
- Спектральные характеристики турбулентных полей.
- Спектральный анализ теневых картин.
- Оптические анализаторы спектров.

Вейвлет-анализ временных рядов и изображений

- Вейвлеты. Основные свойства.
- Непрерывное вейвлет-преобразование.
- Дискретное вейвлет-преобразование. Вейвлет-пакеты.
- изотропный и анизотропные анализирующие вейвлеты,
- спектральный и корреляционный вейвлет-анализ многомерных полей.

Лабораторная работа "Адвективное течение около линейного источника тепла,

расположенного на поверхности жидкости"

свободное адвективное течение,
температурное поле при естественной конвекции,
автомодельность

Лабораторная работа "Исследование температурного пограничного слоя у нагретого горизонтального цилиндра"

- Исследование пограничных слоев.
- Осесимметричные неоднородности с сильной рефракцией.

Лабораторная работа "Исследование конвективного факела над кольцевым нагревателем"

- Осесимметричные неоднородности.
- Исследование пограничных слоев.
- Осесимметричные неоднородности с сильной рефракцией.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Свиридов В.Г., Основы автоматизации теплофизического эксперимента : учебное пособие для вузов / Свиридов В.Г., Свиридов Е.В. Филаретов Г.Ф. и др. - М. : Издательский дом МЭИ, 2019. - ISBN 978-5-383-01395-3 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. <https://elis.psu.ru/node/590308>
2. Оптические методы в гидродинамике:учебно-методическое пособие/Министерство образования и науки Российской Федерации, Пермский государственный национальный исследовательский университет, Кафедра общей физики.-Пермь:ПГНИУ,2016.-36.

Дополнительная:

1. Оптические методы исследования потоков / Ю. Н. Дубнищев, В. А. Арбузов, П. П. Белоусов, П. Я. Белоусов ; под редакцией В. А. Накоряков. — Новосибирск : Сибирское университетское издательство, 2017. — 416 с. — ISBN 978-5-379-02018-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/65280.html>
2. Белоусов А.П. Оптическая диагностика многофазных потоков [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Белоусов А.П.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2011.— 227 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45126.html>.— ЭБС «IPRbooks» <http://www.iprbookshop.ru/45126.html>
3. Харитонов А.М. Техника и методы аэрофизического эксперимента [Электронный ресурс]: учебник/ Харитонов А.М.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2011.— 644 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45448.html>.— ЭБС «IPRbooks» <http://www.iprbookshop.ru/91742.html>
4. Кирилловский В. К. Современные оптические исследования и измерения:учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению "Оптотехника (бакалавр, магистр)"/В. К. Кирилловский.-Санкт-Петербург:Лань,2010, ISBN 978-5-8114-0989-1.-303.-Библиогр. в конце гл.
5. Пергамент М. И. Методы исследований в экспериментальной физике:учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению "Прикладные математика и физика"/М. И. Пергамент.- Долгопрудный:Издательский дом "Интеллект",2010, ISBN 978-5-91559-026-6.-300.-Библиогр. в конце гл.
6. Клаассен К. Б. Основы измерений. Датчики и электронные приборы:[учебное пособие]/К. Б. Клаассен ; пер.с англ.: Е. В. Воронов, А. Л. Ларин.-Долгопрудный:Издательский дом " Интеллект",2008, ISBN 978-5-91559-001-3.-352.-Библиогр.: с. 345-346
7. Давыдова М. А. Лекции по гидродинамике:[для вузов по специальности "Физика"]/М.А. Давыдова.- Москва:ФИЗМАТЛИТ,2011, ISBN 978-5-9221-1303-8.-215.-Библиогр.: с. 212. - Предм. указ.: с. 213-215

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://www.iprbookshop.ru/5601.html>.— Оптические методы исследования потоков

<http://www.iprbookshop.ru/45126.html>.— Белоусов А.П. Оптическая диагностика многофазных потоков

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Оптические методы в гидродинамике** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- презентационные материалы (слайды по темам лекционных и практических занятий);
- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета;
- интернет-сервисы и электронные ресурсы (поисковые системы, электронная почта, профессиональные тематические чаты и форумы, системы аудио и видео конференций, онлайн энциклопедии и т.д.).

Программное обеспечение:

- ОС «Альт Образование» (Договор № ДС 003–2020);
- Пакет Microsoft Windows Professional Rus + Service Pack 2 OEM software;
- Microsoft Office Pro 2003 Win32 Rus + Service Pack 2 OEM software;
- Исполняемые модули программ для ЛАД-05;
- Пакет Actual Flow;
- Apache Open Office.

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (student.psu.ru).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Лекционные занятия.

Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран для проектора, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

2. Лабораторные занятия.

Лаборатория «Оптических методов в гидродинамике», оснащенная специализированным оборудованием. Состав оборудования определен в Паспорте лаборатории.

3. Групповые (индивидуальные) консультации.

Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

4. Текущий контроль.

Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

5. Самостоятельная работа.

Аудитория для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. Помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Оптические методы в гидродинамике**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции и
критерии их оценивания**

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.1 способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин</p>	<p>Знает основы геометрической оптики и умеет применять знания при настройке оптических приборов и расчетах простейших оптических систем способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин</p>	<p align="center">Неудовлетворител не знает основ геометрической оптики Удовлетворительн имеет представление об основах геометрической оптики Хорошо Знает основы геометрической оптики и умеет применять знания при настройке оптических приборов Отлично Знает основы геометрической оптики и умеет применять знания при настройке оптических приборов и расчетах простейших оптических систем</p>
<p>ОПК.4 способность представлять собственные и известные научные результаты с использованием современных средств, ориентируясь на потребности аудитории, в том числе в форме отчетов, презентаций, докладов</p>	<p>знать особенности современных средств представления информации, уметь составлять отчеты, презентации, доклады</p>	<p align="center">Неудовлетворител не умеет представлять результаты своей работы (отсутствие печатного отчета) Удовлетворительн в печатном отчете, не используется принятая терминология, отсутствует логика в изложении материала, нет схемы установки, нет ссылок на используемую литературу, Хорошо материал изложен с использованием научной лексики Отлично материал изложен с использованием научной лексики, представленные схемы ясны и понятны, графики наглядно представляют полученные зависимости</p>
<p>ПК.2 способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических</p>	<p>способность использовать Вейвлет-анализ временных рядов и изображений в обработке экспериментальных данных</p>	<p align="center">Неудовлетворител незнание основ вейвлет анализа Удовлетворительн знание основ вейвлет анализа Хорошо знание основ вейвлет анализа. Умение анализировать реальные сигналы</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта		Отлично знание основ вейвлет анализа. Умение анализировать реальные сигналы и изображения

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Экзамен

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 43 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 43 балла

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль	Введение Входное тестирование	Геометрическая оптика: приближения в геометрической оптике; кардинальные элементы линз и зеркал; оптические изображения; оптические приборы; aberrации оптических приборов. Показатель преломления. Ряды Фурье в действительной и комплексной формах. Интегралы Фурье в действительной и комплексной формах.

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ПК.2 способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта</p> <p>ОПК.4 способность представлять собственные и известные научные результаты с использованием современных средств, ориентируясь на потребности аудитории, в том числе в форме отчетов, презентаций, докладов</p>	<p>Расчет оптических неоднородностей</p> <p>Письменное контрольное мероприятие</p>	<p>Расчет осесимметричных оптических неоднородностей. Методы исследования плоских двумерных оптических неоднородностей. Расчет распределения показателя преломления с учетом рефракции лучей.</p>
<p>ПК.2 способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта</p> <p>ОПК.4 способность представлять собственные и известные научные результаты с использованием современных средств, ориентируясь на потребности аудитории, в том числе в форме отчетов, презентаций, докладов</p>	<p>Вейвлет-анализ временных рядов и изображений</p> <p>Защищаемое контрольное мероприятие</p>	<p>Оптические методы измерения скорости потоков; Доплеровская анемометрия; Цифровые трассерные методы (PIV); Геометрическая оптика; Распространение света в оптически неоднородной среде; Расчет оптических неоднородностей; Двумерные неоднородности; Оптическая томография; Расчет оптических неоднородностей при сильной рефракции; Исследование осредненных полей в турбулентных потоках ; Оптическая реконструкция осредненных полей; Спектральный анализ турбулентных полей; Вейвлет-анализ временных рядов и изображений.</p>

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ПК.2 способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта</p> <p>ОПК.4 способность представлять собственные и известные научные результаты с использованием современных средств, ориентируясь на потребности аудитории, в том числе в форме отчетов, презентаций, докладов</p>	<p>Лабораторная работа "Исследование конвективного факела над кольцевым нагревателем"</p> <p>Защищаемое контрольное мероприятие</p>	<p>Принципы работы, конструктивные особенности и настройка приборов "ИАБ-451; Свиль-80". Методы расчета осесимметричных неоднородностей с осью симметрии параллельной оптической оси и перпендикулярной оптической оси. Оценка погрешностей измерений. Полученные результаты измерений и их обработка. Оформление отчета о работе.</p>

Спецификация мероприятий текущего контроля

Введение

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **.5 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
оптические приборы; aberrации оптических приборов.	4
Ряды Фурье в действительной и комплексной формах.	4
Интегралы Фурье в действительной и комплексной формах.	4
кардинальные элементы линз и зеркал; оптические изображения; .	4
Геометрическая оптика: приближения в геометрической оптике;	2
Показатель преломления.	2

Расчет оптических неоднородностей

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Знает и владеет методами оптических измерений может оценить области применимости изученных методов или подобрать метод для решения конкретной задачи.	10
Знает и применяет знания к решению конкретных задач в измерении тепловых полей оптическими методами и расчете оптических неоднородностей. .	10
Знает: основы методов расчета осесимметричных оптических неоднородностей. .	4
знает методы исследования плоских двумерных неоднородностей	3
знает основы расчета температурного поля в случае сильной рефракции лучей	3

Вейвлет-анализ временных рядов и изображений

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Оптические методы измерения скорости потоков; Доплеровская анемометрия; Цифровые трассерные методы (PIV);	5
Непрерывное и дискретное вейвлет-преобразование. Вейвлет анализ сигналов. Вейвлет анализ изображений.	5
Спектральный анализ сигналов и изображений.	5
Исследование осредненных полей в турбулентных потоках ; Оптическая реконструкция осредненных полей; Спектральный анализ турбулентных полей;	5
Расчет оптических неоднородностей; Двумерные неоднородности; Расчет оптических неоднородностей при сильной рефракции;	5
Геометрическая оптика; Распространение света в оптически неоднородной среде;	3
Оптическая томография;	2

Лабораторная работа "Исследование конвективного факела над кольцевым нагревателем"

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **4 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

Показатели оценивания	Баллы
проведена настройка теневого прибора "Свиль 80" и получены результаты измерений в цифровом виде	6
проведены настройка теневого прибора ИАБ451 и измерения по теневой картине	6
проведена обработка результатов измерений методом расчета осесимметричных оптических неоднородностей основанном на параксиальном приближении	5
отчет о работе представлен; полученные результаты достоверны	5

проведена сборка, настройка короткофокусного теневого прибора и получена оцифрованная теневая картина	5
проведена обработка результатов измерений методом расчета температурного поля использующим автотомодельность задачи	5
проведена обработка результатов измерений методом расчета оптической неоднородности учитывающем рефракцию лучей	4
оценена погрешность измерений	4