

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра общей физики

Авторы-составители: **Зюзгин Алексей Викторович
Бабушкин Игорь Аркадьевич**

Рабочая программа дисциплины
ГИДРОМЕХАНИКА НЕВЕСОМОСТИ
Код УМК 91827

Утверждено
Протокол №9
от «25» мая 2021 г.

Пермь, 2021

1. Наименование дисциплины

Гидромеханика невесомости

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

Направление: **03.04.02** Физика

направленность Физика акустических и гидродинамических волновых процессов

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Гидромеханика невесомости** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

03.04.02 Физика (направленность : Физика акустических и гидродинамических волновых процессов)

ПК.1 Способен использовать в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем и новейших достижений физики

Индикаторы

ПК.1.3 Дает критическую оценку и интерпретацию полученного в эксперименте результата при решении поставленных задач в области физики

ПК.2 Способен принимать участие в разработке новых задач, методов и подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности

Индикаторы

ПК.2.1 Проводит анализ и оценку результата измерений физических величин и характеристик технологических процессов

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	03.04.02 Физика (направленность: Физика акустических и гидродинамических волновых процессов)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	4
Объем дисциплины (з.е.)	3
Объем дисциплины (ак.час.)	108
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	36
Проведение лекционных занятий	24
Проведение практических занятий, семинаров	12
Самостоятельная работа (ак.час.)	72
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Защищаемое контрольное мероприятие (2) Итоговое контрольное мероприятие (1)
Формы промежуточной аттестации	Экзамен (4 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Гидромеханика невесомости. Первый триместр.

Курс посвящен рассмотрению механизмов и закономерностей движения жидких и газообразных сред в условиях реальной невесомости при орбитальном полете крупного комплекса.

Изотермические и конвективные течения в невесомости

Вибрационно-тепловая конвекция в полях линейных и угловых ускорений

Термовибрационный механизм возбуждения крупномасштабных осредненных течений

Изотермические течения при крутильных вибрациях

Изотермические течения при крутильных вибрациях. Вибрационно-тепловая конвекция в полях линейных и угловых ускорений. Параметрический резонанс и динамическая стабилизация в конвекции.

Негравитационные механизмы конвекции

Термо- и концентрационно-капиллярные течения. Термомагнитная и термоэлектрическая конвекция. Электро-гидродинамические течения.

Параметрический резонанс и динамическая стабилизация в конвекции

Резонансное возбуждение конвективного теплообмена и подавление движения жидкости с помощью высокочастотных вибраций.

Микрогравитационная обстановка на космических аппаратах

Микрогравитационное поле на космических аппаратах

Аэродинамическое торможение. Неоднородность гравитационного поля Земли. Вращения. Переменные линейные и угловые инерционные ускорения. Вибрации.

Орбитальные космические аппараты

Орбитальная станция «Мир». Международная космическая станция; служебный и многоцелевой лабораторный модули МКС. Автоматические спутники «Фотон» и «Бион». Многоцветные корабли «Шаттл».

Основные характеристики орбитального полета космических аппаратов

Режимы постоянной ориентации, гравитационной стабилизации. Прецессия спутников.

Научные и прикладные задачи гидромеханики невесомости

Наземное моделирование гидромеханических процессов в невесомости

Управляющие критерии подобия. Метод нейтральной плавучести (техника Плато). Горизонтальная ячейка Хеле-Шоу. Левитация электрическим и магнитным полями.

Научное и технологическое оборудование на космических аппаратах

Бестигельная зонная плавка. Градиентные печи. Виброзащитная поворотная платформа «Флюгер». Универсальные управляюще-измерительные комплексы «Фаза», «Ингол», «Айсе».

Технологические и научные эксперименты с жидкостями и газами в невесомости

Выращивание полупроводниковых и биологических кристаллов. Измерение теплофизических параметров – коэффициентов диффузии, термодиффузии, температуропроводности. Изучение сильно

сжимаемых сред в термодинамической критической точке. Жидкофазное спекание композитов.

Эксперименты по конвекции в невесомости

Эксперимент «OLiPSE» на Орбитальной станции «Мир»

Эволюция и дробление пор при жидкофазном спекании композиционных материалов в невесомости.

Эксперименты с аппаратурой «Alice» на Орбитальной станции «Мир»

Гравитационно-конвективная чувствительность в окрестности термодинамической критической точки. Распространение температурной неоднородности в «естественном» микрогравитационном поле и при высоко- и низкочастотных вынужденных вибрациях.

Эксперименты с датчиком конвекции «Дакон» на Орбитальной станции «Мир»

Устройство датчика. Наземная калибровка. Калибровка в космосе. Результаты космического эксперимента.

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. Бернар, Боннар Небесная механика и управление космическими летательными аппаратами / Боннар Бернар, Фобур Людовик, Треля Эммануэль ; перевод О. И. Яковенко ; под редакцией К. В. Холшевникова. — Москва, Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2019. — 344 с. — ISBN 978-5-4344-0618-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/92084>
2. Механика : учебно-методическое пособие с контрольными заданиями для студентов дневной формы обучения / составители В. А. Козлов, М. Г. Ордян. — Воронеж : Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 52 с. — ISBN 978-5-89040-591-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/59117.html>
3. Белевич, М. Ю. Гидромеханика. Основы классической теории : учебное пособие / М. Ю. Белевич. — Санкт-Петербург : Российский государственный гидрометеорологический университет, 2006. — 213 с. — ISBN 5-86813-178-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/17911>
4. Кондратьев, А. С. Гидромеханика : методические рекомендации / А. С. Кондратьев, А. В. Исаков. — Москва : Московская государственная академия водного транспорта, 2016. — 48 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/65658.html>

Дополнительная:

1. Коржуев Петр Андреевич Эволюция, гравитация, невесомость/Петр Андреевич Коржуев.- М.:Наука,1971.-151.
2. Условия возникновения и структуры свободноконвективных течений:учеб. пособие к курсам лекций и к лаборатор. практикумам/И. А. Бабушкин [и др.].-Пермь:ПГУ,2007.-1.
3. Барсуков, В. И. Физика. Механика : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по техническим направлениям подготовки и специальностям / В. И. Барсуков, О. С. Дмитриев. — Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2015. — 248 с. — ISBN 978-5-8265-1441-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/63918.html>
4. Братухин Ю. К.,Макаров С. О. Межфазная гидродинамика:учеб. пособие по спецкурсу/Ю. К. Братухин, С. О. Макаров.-Пермь:ПГУ,2007.-1.

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<https://yandex.ru/> Яндекс

<https://ru.wikipedia.org/wiki> википедия

knts.tsniimash.ru КНТС

<https://www.rosocosmos.ru/16020/> Роскосмос

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

Образовательный процесс по дисциплине **Гидромеханика невесомости** 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:

- офисный пакет приложений "Apache Open Office";
- приложение позволяющее просматривать и воспроизводить медиа контент PDF-файлов "Adobe Acrobat Reader DC";
- программы, демонстрации видео материалов (проигрыватель) "Windows Media Player";
- программа просмотра интернет контента (браузер) "Google Chrome".

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, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

2. Занятий семинарского типа (семинары, практические занятия).

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

3. 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 компьютерами 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
Гидромеханика невесомости**

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

ПК.1

Способен использовать в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем и новейших достижений физики

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.1.3 Дает критическую оценку и интерпретацию полученного в эксперименте результата при решении поставленных задач в области физики</p>	<p>Владеет материалом курса по гидромеханике невесомости. Знает результаты как зарубежных, так и российских исследований в этой области. Может дать критическую оценку этих работ и в зависимости от поставленных задач предложить способ их реализации в условиях орбитального полета.</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не демонстрирует знание материала курса "Гидромеханика невесомости". Не знает результаты зарубежных и российских исследований в этой области. Не может дать критическую оценку этих работ даже с подсказки преподавателя.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Демонстрирует не полное знание материала курса "Гидромеханика невесомости". Частично знает результаты зарубежных и российских исследований в этой области. Не может самостоятельно дать критическую оценку этих работ.</p> <p align="center">Хорошо</p> <p>Владеет материалом курса по гидромеханике невесомости. Знает результаты как зарубежных, так и российских исследований в этой области. Может дать критическую оценку этих работ, но допускает не значительные ошибки.</p> <p align="center">Отлично</p> <p>Владеет материалом курса по гидромеханике невесомости. Знает результаты как зарубежных, так и российских исследований в этой области. Может дать критическую оценку этих работ и в зависимости от поставленных задач предложить способ их реализации в условиях орбитального полета.</p>

ПК.2

Способен принимать участие в разработке новых задач, методов и подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
ПК.2.1 Проводит анализ и оценку результата измерений физических величин и характеристик технологических процессов	Знает факторы, воздействующие на конвективные системы в условиях реальной невесомости (микрогравитации) и может оценить их влияние при проведении различных гравитационно-чувствительных экспериментов, включая технологические эксперименты.	<p>Неудовлетворител Не демонстрирует знание факторов, воздействующих на конвективные системы в условиях микрогравитации на космических аппаратах. Не может оценить их влияние при проведении различных гравитационно-чувствительных экспериментов, включая технологические эксперименты.</p> <p>Удовлетворительн Демонстрирует не полное знание факторов, воздействующих на конвективные системы в условиях микрогравитации на космических аппаратах. Может оценить их влияние при проведении различных гравитационно-чувствительных экспериментов, включая технологические эксперименты, но допускает существенные ошибки, которые способен исправить после подсказки преподавателя.</p> <p>Хорошо Демонстрирует знание основных факторов, воздействующих на конвективные системы в условиях микрогравитации на космических аппаратах. Может оценить их влияние при проведении различных гравитационно-чувствительных экспериментов, включая технологические эксперименты, но допускает не существенные ошибки, которые способен самостоятельно исправить.</p> <p>Отлично Демонстрирует знание основных факторов, воздействующих на конвективные системы в условиях микрогравитации на космических аппаратах. Может оценить их влияние при проведении различных гравитационно-чувствительных экспериментов, включая технологические эксперименты. Изложение материала полное, логичное.</p>

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 50 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 50 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль	Вибрационно-тепловая конвекция в полях линейных и угловых ускорений Входное тестирование	владение матаппаратом алгебры и матанализа, владение аппаратом механики, владение аппаратом гидромеханики, знание основ теории термовибрационной конвекции
ПК.1.3 Дает критическую оценку и интерпретацию полученного в эксперименте результата при решении поставленных задач в области физики ПК.2.1 Проводит анализ и оценку результата измерений физических величин и характеристик технологических процессов	Орбитальные космические аппараты Защищаемое контрольное мероприятие	Знание негравитационных механизмов конвекции. Умение анализировать причины возникновения конвекции. Владение методами анализа конвективных структур.

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ПК.1.3 Дает критическую оценку и интерпретацию полученного в эксперименте результата при решении поставленных задач в области физики</p> <p>ПК.2.1 Проводит анализ и оценку результата измерений физических величин и характеристик технологических процессов</p>	<p>Эксперименты с аппаратурой «Alice» на Орбитальной станции «Мир»</p> <p>Защищаемое контрольное мероприятие</p>	<p>Знание основных результатов и методов конвективных орбитальных экспериментов. Умение интерпретировать основные их результаты. Владение методами анализа микрогравитационной обстановки на гравитационно-чувствительные системы.</p>
<p>ПК.1.3 Дает критическую оценку и интерпретацию полученного в эксперименте результата при решении поставленных задач в области физики</p> <p>ПК.2.1 Проводит анализ и оценку результата измерений физических величин и характеристик технологических процессов</p>	<p>Эксперименты с датчиком конвекции «Дакон» на Орбитальной станции «Мир»</p> <p>Итоговое контрольное мероприятие</p>	<p>Знание основные положения курса. Умение анализировать микрогравитационную обстановку в зависимости от режима полета космического аппарата. Владение методами анализа результатов экспериментов.</p>

Спецификация мероприятий текущего контроля

Вибрационно-тепловая конвекция в полях линейных и угловых ускорений

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **.25 часа**

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

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

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
владение аппаратом механики	3
владение матаппаратом алгебры и матанализа	3
владение аппаратом гидромеханики	2
знание основ теории вибрационной конвекции	2

Орбитальные космические аппараты

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

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

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

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
устный доклад с четко поставленной задачей и основной часть достаточной полноты	9
резюмирующее письменное и устное заключение	7
письменный доклад	7
визуальное сопровождение доклада	7

Эксперименты с аппаратурой «Alice» на Орбитальной станции «Мир»

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

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

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

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
устный доклад с четко поставленной задачей и основной частью достаточной полноты	9
письменное и устное заключение	7
письменный доклад	7
визуальное сопровождение доклада	7

Эксперименты с датчиком конвекции «Дакон» на Орбитальной станции «Мир»

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

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

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

Проходной балл: **20**

Показатели оценивания	Баллы
Знание и понимание основных закономерностей гидромеханики невесомости.	10
Знание календарной последовательности основных конвективных экспериментов на орбитальных аппаратах.	10
Знание перспективных конвективных экспериментов на орбите.	10
Знание и понимание основных механизмов генерации осредненных и пульсационных течений.	10