

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования_
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Компьютерная гидродинамика

Уровень высшего образования

Специалитет

Направление подготовки / специальность

01.05.01 - Фундаментальные математика и механика

Направленность образовательной программы

Фундаментальная механика и приложения

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.04 Компьютерная гидродинамика относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-6: Владение навыками самостоятельного анализа поставленной задачи, выбора корректного метода ее решения, построения алгоритма и его реализации	ПК-6.1: Умеет самостоятельно анализировать задачу, выбирать методы решения, создавать алгоритм решения и реализовывать его ПК-6.2: Владеет навыками решения практических задач, анализа результатов решения	ПК-6.1: Уметь самостоятельно анализировать задачу компьютерной гидродинамики, выбирать методы решения, создавать алгоритм решения и реализовывать его ПК-6.2: Владеть навыками решения практических задач, анализа результатов решения в области компьютерной гидродинамики	Собеседование	Экзамен: Контрольные вопросы

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	2
самостоятельная работа	22
Промежуточная аттестация	36 Экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Введение	2		2	2	
Идеальная жидкость. Уравнения Эйлера. Гидростатика	10	2	4	6	4
Потенциальное обтекание сферы, цилиндра	14	4	6	10	4
Волны на поверхности жидкости	12	2	6	8	4
Гидродинамика вязкой жидкости	16	4	6	10	6
Устойчивость течения жидкости. Турбулентное течение	16	4	8	12	4
Аттестация	36				
КСР	2				2
Итого	108	16	32	50	22

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Способы описания движения жидкости: способы задания движения жидкости по Эйлеру и по Лагранжу, переход от одного описания к другому, субстанциональная и локальная производные по времени.
2. Гидростатика: основные уравнения, условия гидростатического равновесия.
3. Поверхности разрыва. Ударные волны. Ударная адиабата.
4. Теорема Бернулли и закон сохранения энергии.
5. Особенности газовой динамики. Число Маха. Характеристическая поверхность.
6. Закон сохранения энергии в нестационарном случае.
7. Распространение звука в движущейся среде. Эффект Доплера.
8. Тензор плотности потока импульса. Закон сохранения импульса.
9. Тензор плотности потока импульса. Закон сохранения импульса.
10. Вихревое движение жидкости: циркуляция скорости, теорема о сохранении циркуляции скорости.
11. Уравнения гидродинамики для потенциального движения: потенциал скорости, интеграл Коши-Лагранжа, плоское течение, функция тока.
12. Обтекание сферы потенциальным потоком. Парадокс Даламбера – Эйлера.
13. Турбулентное течение. Уравнение Рейнольдса для усредненного потока.
14. Циркуляционное обтекание цилиндра. Формула Жуковского.
15. Подобие гидродинамических течений. Число Рейнольдса. Число Фруда. Число Струхала.
16. Вихри в идеальной жидкости. Присоединенный вихрь и подъемная сила.
17. Стационарное течение жидкости между вращающимися цилиндрами.
18. Поверхностные явления. Поверхностное давление. Формула Лапласа.

19. Турбулентное течение. Переход от ламинарного течения к турбулентному течению. Развитая турбулентность
20. Уравнения гидродинамики вязкой жидкости: коэффициенты вязкости и вязкие напряжения, уравнение Навье-Стокса, вязкие силы, граничные условия
21. Устойчивость стационарного движения жидкости. Устойчивость движения жидкости в пространстве между двумя вращающимися цилиндрами.
22. Волны на поверхности жидкости: гравитационные волны.
23. Неустойчивость тангенциального разрыва.
24. Волны на поверхности жидкости: капиллярные волны, гравитационно-капиллярные волны.
25. Пограничный слой: вязкие волны, уравнения Прандтля пограничного слоя.
26. 1. Система уравнений гидродинамики: уравнение неразрывности, уравнение Эйлера, полнота системы уравнений. Уравнение состояния.
27. Примеры течений вязкой жидкости: течение Куэтта, течение Пуазейля между двумя пластинками.
28. Волны на поверхности жидкости: капиллярные волны, гравитационно-капиллярные волны.
29. Пограничный слой: вязкие волны, уравнения Прандтля пограничного слоя.
30. Система уравнений гидродинамики: уравнение неразрывности, уравнение Эйлера, полнота системы уравнений. Уравнение состояния.
31. Примеры течений вязкой жидкости: течение Куэтта, течение Пуазейля между двумя пластинками.
32. Уравнение Навье-Стокса, граничные условия.
33. Обтекание сферы медленным течением вязкой жидкости. Формула Стокса.
34. Гидродинамическая теория смазки. Плоская задача.
35. Течение при малых числах Рейнольдса. Обтекание тела произвольной формы.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

В рамках дисциплины предусмотрены следующие виды самостоятельной работы

1. повторение пройденного на занятиях материала,
2. самостоятельное изучение отдельных вопросов программы,
3. подготовка к практическим занятиям,

Важной формой самостоятельной работы студентов является исследование по теме, подготовка доклада на семинаре.

Дополнительная литература:

1. Урман Ю.М. Теория симметрии в классических системах. Учебное пособие. Н.Новгород. НГПУ.2009. 109 с
2. Шапиро Д.А. Представление групп и их применение в физике. Конспект лекций, НГУ. 2000 (www.newlibrary.ru)

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-6:

1. Симметрия тела, системы. Операция симметрии. Группы симметрии
2. Неприводимые представления точечных групп симметрии
3. Симметрия упругих свойств материала
4. Малые колебания динамической системы. Нахождение полного представления точечной группы симметрии системы.
5. Непрерывные группы. Элементы групп Ли. .
6. Неприводимые тензоры и их свойства. Шаровые векторы.
7. Инвариантное представление потенциальных физических взаимодействий.
8. Физический смысл неприводимых тензоров.
9. Движение твердого тела под действием сил потенциальной природы. Задачи механики космического полета.

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три не существенные ошибки, исправленные по требованию преподавателя
не зачтено	Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько не существенных	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

					ошибок		
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-6

1. Способы описания движения жидкости: способы задания движения жидкости по Эйлеру и по Лагранжу, переход от одного описания к другому, субстанциональная и локальная производные по времени.
2. Гидростатика: основные уравнения, условия гидростатического равновесия.
3. Поверхности разрыва. Ударные волны. Ударная адиабата.
4. Теорема Бернулли и закон сохранения энергии.
5. Особенности газовой динамики. Число Маха. Характеристическая поверхность.
6. Закон сохранения энергии в нестационарном случае.
7. Распространение звука в движущейся среде. Эффект Доплера.
8. Тензор плотности потока импульса. Закон сохранения импульса.
9. Тензор плотности потока импульса. Закон сохранения импульса.
10. Вихревое движение жидкости: циркуляция скорости, теорема о сохранении циркуляции скорости.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Ландау Лев Давидович. Теоретическая физика : [учеб. пособие для физ. специальностей ун-

тов] : в 10 т. Т. 3. Квантовая механика. Нерелятивистская теория / при участии Л. П. Питаевского. - Изд. 4-е, испр. - М. : Наука, 1989. - 767 с. : ил. - ISBN 5-02-014421-5 (в пер.) : 1.90., 174 экз.

2. Любарский Григорий Яковлевич. Теория групп и физика. - М. : Наука, 1986. - 222, [2] с. : ил. - (Проблемы науки и технического прогресса : ПНТП). - 0.70., 1 экз.

Дополнительная литература:

1. Журавлева Наталья Александровна. Основы теоретической механики. - М. : Наука : Физматлит, 1997. - 320 с. : ил. - 32.00., 1 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

Шапиро Д.А. Представление групп и их применение в физике. Конспект лекций, НГУ. 2000 (www.newlibrary.ru)

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: проектор, экран

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по специальности 01.05.01 - Фундаментальные математика и механика.

Автор(ы): Новиков Валерий Вячеславович, доктор физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Игумнов Леонид Александрович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 13.12.2023, протокол № 3.