

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский
 государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)

Физический факультет

Кафедра аэрофизики и газовой динамики

Согласовано, декан ФФ

Бондарь А.Е.

подпись

2020 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ
«Механика жидкости, газа и плазмы»
 направление подготовки: 03.06.01 Физика и астрономия
Курс 2-3, семестр 3-6
 профиль
Механика жидкости, газа и плазмы

Форма обучения: очная

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)					
		Контактная работа обучающихся с преподавателем				Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Индивидуальная работа с преподавателем/ Консультации в период занятий			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Кандидатский экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3-6	360	128	24		16	148	32	2	8		2
Всего 360 часов /10 зачетных единиц из них: - контактная работа 180 часов, - в интерактивных формах 40 часов Компетенции: УК-1, УК-5, ОПК-1, ПК-1, ПК-2											

Разработчик:

д.ф.-м.н., академик РАН В.М. Фомин

Заведующий кафедрой АФГД ФФ

д.ф.-м.н., академик РАН В.М. Фомин

Ответственный за образовательную программу:

д.ф.-м. н., проф. С.В. Цыбуля

Новосибирск, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация к рабочей программе модуля «Механика жидкости, газа и плазмы».....	3
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ_Механика жидкости, газа и плазмы для аспирантов.....	5
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ Теплофизика и теоретические основы теплообмена для аспирантов.....	23
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ_Теоретическая аэрогидродинамика для аспирантов.....	38
КАНДИДАТСКИЙ ЭКЗАМЕН_Модуль «Механика жидкости, газа и плазмы»	55

Ошибка! Закладка не определена.

Аннотация

к рабочей программе модуля «Механика жидкости, газа и плазмы»

Направление: **03.06.01 Физика и астрономия**

Направленность (профиль): **Механика жидкости, газа и плазмы**

Рабочая программа по модулю «Механика жидкости, газа и плазмы» составлена в соответствии с требованиями СУОС по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия (уровень подготовки кадров высшей квалификации) и предназначена для аспирантов, обучающихся по профилю «Механика жидкости, газа и плазмы». Модуль включает в себя рабочие программы дисциплин «Механика жидкости, газа и плазмы для аспирантов», «Теплофизика и теоретические основы теплообмена для аспирантов» или «Теоретическая аэрогидродинамика для аспирантов» направленные на подготовку к сдаче кандидатского экзамена по профилю «Механика жидкости, газа и плазмы», а также порядок подготовки к сдаче и проведения кандидатского экзамена по профилю «Механика жидкости, газа и плазмы».

Модуль направлен на формирование у обучающегося универсальных компетенций УК-1 и УК-5, а также общепрофессиональной компетенции ОПК-1 и профессиональных компетенций ПК-1, ПК-2.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Знания:

УК-1.1. Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности.

УК-5.1. Знать возможные направления профессиональной самореализации, владеть приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач.

ОПК-1.1. Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности.

ПК-1.1. Знать теоретические основы, базовые понятия и модели построения теоретических моделей физических явлений и процессов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

ПК-2.1. Знать физические основы базовых экспериментов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

Умения:

УК-1.2. Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования.

УК-5.2. Уметь выявлять и формулировать проблемы собственного профессионального развития.

ОПК-1.2. Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования.

ПК-1.2. Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

ПК-2.2. Уметь определять и применять современные научные методы в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

Навыки:

УК-5.3. Владеть приемами осознания собственных достижений с целью их совершенствования, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования.

ОПК-1.3. Владеть способностью составлять и оформлять научно-технической документацию, научные отчеты, обзоры, доклады и статьи.

Модуль «Механика жидкости, газа и плазмы» реализуется с третьего по шестой семестры включительно (второй-третий курсы аспирантуры).

Основная цель входящих в состав модуля дисциплин – знакомство аспирантов с последними научными достижениями в области современной физики, а также механики жидкости, газа и плазмы, и практика презентации собственных научных результатов перед квалифицированной аудиторией.

Преподавание дисциплин предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции и практические занятия с привлечением ведущих ученых, доклады обучающихся по тематике, связанной с выполнением их научной работы, индивидуальная работа с преподавателем, самостоятельная подготовка обучающихся.

Текущий контроль обеспечивается контролем посещения обучающимися занятий, сдачу заданий, оценку их активности в ходе дискуссий и заключается в презентации аспирантом доклада по одному из разделов программы курса.

Промежуточная аттестация по дисциплинам – зачеты, по всему модулю – кандидатский экзамен.

Общая трудоемкость рабочей программы модуля составляет **396 академических часов / 11** зачетных единиц, в том числе:

1. Механика жидкости, газа и плазмы для аспирантов - 180 часов/5 зачетных единиц.
- 2.1 Теплофизика и теоретические основы теплообмена для аспирантов - 180 часов/5 зачетных единиц.
- 2.2 Теоретическая аэрогидродинамика для аспирантов - 180 часов/5 зачетных единиц.
3. Кандидатский экзамен – 36 часов/1 зачетная единица.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский
государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)

Физический факультет

Кафедра аэрофизики и газовой динамики



Согласовано, декан ФФ

Бондарь А.Е.

подпись
«07» 10

2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Механика жидкости, газа и плазмы для аспирантов

направление подготовки: 03.06.01 Физика и астрономия

Курс 3, семестр 5-6

профиль

Механика жидкости, газа и плазмы

Форма обучения: очная

Разработчик:

д.ф.-м.н., академик РАН В.М. Фомин

Заведующий кафедрой АФГД ФФ

д.ф.-м.н., академик РАН В.М. Фомин

Оглавление

Аннотация к рабочей программе дисциплины «Механика жидкости, газа и плазмы для аспирантов».....	7
1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	9
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	10
3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося.....	10
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.....	11
5. Перечень учебной литературы.....	15
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.....	15
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.....	16
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	16
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	16
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.....	17

Аннотация
к рабочей программе дисциплины
«Механика жидкости, газа и плазмы для аспирантов»»
Направление: **03.06.01 Физика и астрономия**
Направленность (профиль): **Механика жидкости, газа и плазмы**

Дисциплина «Механика жидкости, газа и плазмы для аспирантов» реализуется в рамках образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 03.06.01 «Физика и астрономия» профиль подготовки «Механика жидкости, газа и плазмы» по очной форме обучения на русском языке. Дисциплина «Механика жидкости, газа и плазмы для аспирантов» развивает знания, умения и навыки, сформированные у обучающихся по результатам общей базовой подготовки в рамках программ бакалавриата и магистратуры и не требует знаний по другим дисциплинам подготовки для аспирантов. Дисциплина «Механика жидкости, газа и плазмы для аспирантов» реализуется в пятом и шестом семестрах в рамках вариативной части дисциплин (модулей) в составе модуля «Механика жидкости, газа и плазмы» в качестве обязательной дисциплины и является базовой для осуществления научно-исследовательской деятельности и подготовки научно-квалификационной работы (диссертации).

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Знания:

УК-1.1. Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности.

УК-5.1. Знать возможные направления профессиональной самореализации, владеть приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач.

ОПК-1.1. Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности.

ПК-1.1. Знать теоретические основы, базовые понятия и модели построения теоретических моделей физических явлений и процессов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

ПК-2.1. Знать физические основы базовых экспериментов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

Умения:

УК-1.2. Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования.

УК-5.2. Уметь выявлять и формулировать проблемы собственного профессионального развития.

ОПК-1.2. Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования.

ПК-1.2. Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

ПК-2.2. Уметь определять и применять современные научные методы в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

Навыки:

УК-5.3. Владеть приемами осознания собственных достижений с целью их совершенствования, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования.

ОПК-1.3. Владеть способностью составлять и оформлять научно-технической документацию, научные отчеты, обзоры, доклады и статьи.

Дисциплина имеет своими целями:

- систематизировать базовые знания аспирантов по основным разделам механики жидкости, газа и плазмы,
- дать углубленное представление о разделах механики жидкости, газа и плазмы, наиболее востребованных в местах вероятного будущего трудоустройства аспирантов,
- проверить полноту владения базовыми знаниями по специальности,
- подготовить аспирантов к сдаче кандидатского экзамена по специальности,
- дать аспирантам возможность получить практические навыки в обсуждении и критическом анализе современных научных достижений.

Текущий контроль включает контроль посещаемости обучающимися еженедельных занятий, оценку их активности в ходе дискуссий, презентации аспирантом доклада по одному из разделов программы курса.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Механика жидкости, газа и плазмы для аспирантов» проводится по итогам завершения программы дисциплины в виде зачета, по результатам которого выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено». Оценка «зачтено» может быть выставлена по результатам текущего контроля, если в ходе представления самостоятельно подготовленного доклада и ответов на вопросы обучающийся продемонстрировал уровень сформированности компетенций не ниже порогового. Оценка «зачтено» является положительным результатом прохождения промежуточной аттестации. На зачете для дополнительной проверки сформированности отдельных компетенций обучающемуся могут быть заданы вопросы по пройденному материалу.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекционные занятия, практические занятия, доклады обучающихся по тематике, связанной с выполнением их научной работы, индивидуальная работа с преподавателем/консультации в период занятий. самостоятельная подготовка обучающихся, зачет.

Общий объем дисциплины – 5 зачетных единиц (180 часов).

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код	Компетенции, формируемые в рамках дисциплины
УК-1. Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	
УК-1.1	Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности.
УК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования.
УК-5. Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития	
УК-5.1	Знать возможные направления профессиональной самореализации, владеть приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач.
УК-5.2	Уметь выявлять и формулировать проблемы собственного профессионального развития, владеть приемами осознания собственных достижений с целью их совершенствования.
УК-5.3	Обладать знаниями, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования.
ОПК-1. Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	
ОПК-1.1	Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности.
ОПК-1.2	Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования.
ОПК-1.3	Владеть способностью составлять и оформлять научно-технической документацию, научные отчеты, обзоры, доклады и статьи.
ПК-1. Способность построения теоретических моделей физических явлений и процессов в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.	
ПК-1.1	Знать теоретические основы, базовые понятия и модели построения теоретических моделей физических явлений и процессов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.
ПК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.
ПК-2. Способность к решению научных и практических задач в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.	
ПК-2.1	Знать физические основы базовых экспериментов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.
ПК-2.2	Уметь определять и применять современные научные методы в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Механика жидкости, газа и плазмы для аспирантов» реализуется в рамках образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 03.06.01 «Физика и астрономия» профиль подготовки «Механика жидкости, газа и плазмы» по очной форме обучения на русском языке. Дисциплина «Механика жидкости, газа и плазмы для аспирантов» развивает знания, умения и навыки, сформированные у обучающихся по результатам общей базовой подготовки в рамках программ бакалавриата и магистратуры и не требует знаний по другим дисциплинам подготовки для аспирантов. Дисциплина «Механика жидкости, газа и плазмы для аспирантов» реализуется в пятом и шестом семестрах в рамках вариативной части дисциплин (модулей) в составе модуля «Механика жидкости, газа и плазмы» в качестве обязательной дисциплины и является базовой для осуществления научно-исследовательской деятельности и подготовки научно-квалификационной работы (диссертации).

Дисциплина «Механика жидкости, газа и плазмы для аспирантов» имеет своей целью:

- систематизировать базовые знания аспирантов по основным разделам механики жидкости, газа и плазмы,
- дать углубленное представление о разделах механики жидкости, газа и плазмы, наиболее востребованных в местах вероятного будущего трудоустройства аспирантов,
- проверить полноту владения базовыми знаниями по специальности,
- подготовить аспирантов к сдаче кандидатского экзамена по специальности,
- дать аспирантам возможность получить практические навыки в обсуждении и критическом анализе современных научных достижений.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекционные занятия, практические занятия, доклады обучающихся по тематике, связанной с выполнением их научной работы, индивидуальная работа с преподавателем/консультации в период занятий. самостоятельная подготовка обучающихся, зачет.

Общий объем дисциплины – 5 зачетных единиц (180 часов).

Дисциплины (практики), для изучения которых необходимо освоение дисциплины Механика жидкости, газа и плазмы для аспирантов:

Кандидатский экзамен по модулю Механика жидкости, газа и плазмы

3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)					Промежуточная аттестация (в часах)					
		Контактная работа обучающихся с преподавателем					Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Индивидуальная работа с преподавателем/ Консультации в период занятий	Консультации			Зачет	Дифференцированный зачет	Кандидатский экзамен	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	

5	108	32	6			68			2		
6	72	32	6			32			2		
ИТОГО	180	64	12			100			4		
Всего 180 часов /5 зачетных единиц из них: - контактная работа 80 часов; - в интерактивных формах 12 часов											
Компетенции: УК-1, УК-5, ОПК-1, ПК-1, ПК-2											

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

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Консультации перед экзаменом (в часах)	Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы			Сам. работа во время занятий (не включая период сессии)	Сам. работа во время промежуточной аттестации		
				Лекции	Практические занятия	Индивидуальная работа с преподавателем / Консультации в период занятий				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5 семестр										
1.	Общие вопросы механики сплошной среды	1	15	7			8			
2.	Кинематика сплошных сред	2-4	13	5			8			
3.	Основные понятия и уравнения динамики и термодинамики	5-7	13	5			8			
4.	Модели жидких и газообразных сред	8-10	13	5			8			
5.	Поверхности разрыва в течениях жидкости, газа и плазмы	11-13	13	5			8			
6.	Гидростатика	14-16	13	5			8			
7.	Научные доклады обучающихся по тематикам их научных исследований	1-16	26		6		20			
8.	Зачет	17	2							2
9.	Всего по семестру		108	32	6		68			2
1.	Движение идеальной несжимаемой жидкости	1-3	12	8			4			
2.	Движение вязкой жидкости. Теория	4-7	10	6			4			

	пограничного слоя. Турбулентность								
3.	Движение сжимаемой жидкости. Газовая динамика	8-10	10	6			4		
4.	Электромагнитные явления в жидкостях	11-13	10	6			4		
5.	Физическое подобие, моделирование	14-16	10	6			4		
6.	Научные доклады обучающихся по тематикам их научных исследований	1-16	18		6		12		
7.	Зачет	17	2						2
8.	Всего по семестру		72	32	6		32		2
9.	Итого		180	64	12		100		4

Лекционные занятия проводятся в интерактивной форме, подразумевающей со стороны преподавателя постановку проблемы по указанным темам, формулировку некоторых практических заданий и задач, подходы к решению которых должны найти обучающиеся в ходе занятия, обсуждение проблемных вопросов, в том числе, с элементами свободной дискуссии с участием обучающихся и преподавателя. На занятиях также заслушиваются доклады обучающихся по заданным темам, сопровождающиеся уточняющими вопросами со стороны преподавателя и других обучающихся. Темы закрепляются в ходе самостоятельной работы обучающегося по решению задач с использованием рекомендованной литературы, а также в процессе научно-исследовательской деятельности.

Программа и основное содержание лекций

Общие вопросы механики сплошной среды

Понятие сплошной среды. Микроскопические, статистические и макроскопические феноменологические методы описания свойств, взаимодействий и движений материальных сред. Области приложения механики жидкости, газа и плазмы. Механические модели, теоретическая схематизация и постановка задач, экспериментальные методы исследований. Основные исторические этапы в развитии механики жидкости и газа.

Кинематика сплошных сред

Системы отсчета и системы координат. Лагранжевы и эйлеровы координаты. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета в ньютоновской механике. Точки зрения Эйлера и Лагранжа при изучении движения сплошных сред. Определения и свойства кинематических характеристик движения: перемещения, траектории, скорость, линии тока, критические точки, ускорение, тензор скоростей деформации и его инварианты, вектор вихря, потенциал скорости, циркуляция скорости, установившееся и неустойчивое движение среды. Кинематические свойства вихрей.

Основные понятия и уравнения динамики и термодинамики

Закон сохранения массы. Уравнение неразрывности в переменных Эйлера и Лагранжа. Условие несжимаемости. Многокомпонентные смеси. Потоки диффузии. Уравнения неразрывности в форме Эйлера для многокомпонентных смесей. Массовые и поверхностные, внутренние и внешние силы.

Законы сохранения количества движения и моментов количества движения для конечных масс сплошной среды. Дифференциальные уравнения движения и момента количества движения сплошной среды. Работа внутренних поверхностных сил. Кинетическая энергия и уравнение живых сил для сплошной среды в интегральной и дифференциальной формах. Понятие о параметрах состояния, пространстве состояний, процессах и циклах.

Закон сохранения энергии, внутренняя энергия. Уравнение притока тепла. Вектор потока тепла. Дифференциальные уравнения энергии и притока тепла. Законы теплопроводности Фурье.

Различные частные процессы: адиабатический, изотермический и др. Обратимые и необратимые процессы. Совершенный газ. Цикл Карно. Второй закон термодинамики. Энтропия и абсолютная температура. Некомпенсированное тепло и производство энтропии. Неравенство диссипации, торжество Гиббса. Диссипативная функция. Основные макроскопические механизмы диссипации. Понятие о принципе Онзагера. Уравнения состояния. термодинамические потенциалы двухпараметрических сред.

Модели жидких и газообразных сред

Модель идеальной жидкости. Уравнения Эйлера. Полные системы уравнений для идеальной, несжимаемой и сжимаемой жидкостей. Начальные и граничные условия. Интегралы Бернулли и Коши-Лагранжа. Явление кавитации.

Теорема Томсона и динамические теоремы о вихрях. Возникновение вихрей. Теорема Бьеркнеса.

Модель вязкой жидкости. Линейно-вязкая (ньютоновская) жидкость. Уравнения Навье-Стокса. Полные системы уравнений для вязкой несжимаемой и сжимаемой жидкостей. Начальные и граничные условия. Диссипация энергии в вязкой теплопроводной жидкости. Применение интегральных соотношений к конечным объемам среды при установившемся движении. Теория реактивной тяги и теория идеального пропеллера.

Поверхности разрыва в течениях жидкости, газа и плазмы

Поверхности слабых и сильных разрывов. Разрывы сплошности. Условия на поверхностях сильного разрыва в материальных средах и в электромагнитном поле. Тангенциальные разрывы и ударные волны.

Гидростатика

Равновесие жидкости и газа в поле потенциальных массовых сил. Закон Архимеда. Равновесие и устойчивость плавающих тел и атмосферы.

Движение идеальной несжимаемой жидкости

Общая теория непрерывных потенциальных движений несжимаемой жидкости. Свойства гармонических функций. Многозначность потенциала в многосвязных областях. Кинематическая задача о произвольном движении твердого тела в неограниченном объеме идеальной несжимаемой жидкости. Энергия, количество движения и момент количества движения жидкости при движении в ней твердого тела. Движение сферы в идеальной жидкости. Силы воздействия идеальной жидкости на тело, движущееся в безграничной массе жидкости. Основы теории присоединенных масс. Парадокс Даламбера.

Плоские движения идеальной жидкости. Функция тока. Применение методов теории аналитических функций комплексного переменного для решения плоских задач гидродинамики и аэродинамики. Стационарное обтекание жидкостью цилиндра и профиля. Формулы Чаплыгина и теорема Жуковского. Правило Жуковского и Чаплыгина определения циркуляции вокруг крыльев с острой задней кромкой. Нестационарное обтекание профилей. Плоские задачи о струйных течениях жидкости. Обтекание тел с отрывом струй. Схемы Кирхгофа, Эфроса и др.

Определение поля скоростей по заданным вихрям и источникам. Формулы Био-Савара. Прямолинейный и кольцевой вихри. Законы распределения давлений, силы,

обуславливающие вынужденное движение прямолинейных вихрей в плоском потоке. Постановка задачи и основные результаты теории крыла конечного размаха. Несущая линия и несущая поверхность.

Постановка задачи Коши-Пуассона о волнах на поверхности тяжелой несжимаемой жидкости. Гармонические волны. Фазовая и групповая скорость. Дисперсия волн. Перенос энергии прогрессивными волнами. Теория мелкой воды. Уравнения Буссинеска и Кортвега-де-Вриза. Нелинейные волны. Солитон.

Движение вязкой жидкости. Теория пограничного слоя. Турбулентность

Ламинарное движение несжимаемой вязкой жидкости. Течения Куэтта и Пуазейля. Течение вязкой жидкости в диффузоре. Диффузия вихря. Приближения Стокса и Озеена. Задача о движении сферы в вязкой жидкости в постановке Стокса.

Ламинарный пограничный слой. Задача Блазиуса. Интегральные соотношения и основанные на их использовании приближенные методы в теории ламинарного пограничного слоя. Явление отрыва пограничного слоя. Устойчивость пограничного слоя. Теплообмен с потоком на основе теории пограничного слоя.

Турбулентность. Опыт Рейнольдса. Уравнения Рейнольдса. Турбулентный перенос тепла и вещества. Полуэмпирические теории турбулентности. Профиль скорости в пограничном слое. Логарифмический закон. Прямое численное решение уравнений гидромеханики при наличии турбулентности.

Свободная и вынужденная конвекция. Приближение Буссинеска. Линейная неустойчивость подогреваемого плоского слоя и порог возникновения конвекции. Понятие о странном аттракторе. Движение жидкости и газа в пористой среде. Закон Дарси. Система дифференциальных уравнений подземной гидрогазодинамики. Неустановившаяся фильтрация газа. Примеры точных автомодельных решений.

Движение сжимаемой жидкости. Газовая динамика

Распространение малых возмущений в сжимаемой жидкости. Волновое уравнение. Скорость звука. Запаздывающие потенциалы. Эффект Допплера. Конус Маха.

Уравнения газовой динамики. Характеристики. Влияние сжимаемости на форму трубок тока при установившемся движении. Элементарная теория сопла Лаваля. Одномерные неустановившиеся движения газов с плоскими, цилиндрическими и сферическими волнами. Автомодельные движения и классы соответствующих задач. Задачи о поршне и о сильном взрыве в газе.

Волны Римана. Эффект опрокидывания волн. Адиабата Гюгонио. Теорема Цемплена. Эволюционные и неэволюционные разрывы. Теория волн детонации и горения. Правило Жуге и его обоснование. Задача о структуре сильного разрыва. Качественное описание решения задачи о распаде произвольного разрыва.

Плоские стационарные сверхзвуковые течения газа. Метод характеристик. Течение Прандтля-Майера. Косой скачок уплотнения. Обтекание сверхзвуковым потоком газа клина и конуса. Понятие об обтекании тел газом с отошедшей ударной волной. Линейная теория обтекания тонких профилей и тел вращения. Течения с гиперзвуковыми скоростями. Закон сопротивления Ньютона.

Электромагнитные явления в жидкостях

Электромагнитное поле. Уравнения Максвелла в пустоте. Взаимодействие электромагнитного поля с проводниками. Сила Лоренца. Закон сохранения полного заряда. Закон Ома. Среды с идеальной проводимостью. Вектор и уравнение Умова—Пойнтинга. Джоулево тепло. Уравнения импульса и притока тепла для проводящей среды.

Уравнения магнитной гидродинамики. Условия замороженности магнитного поля в среде. Понятие о поляризации и намагничивании жидкостей.

Физическое подобие, моделирование

Система определяющих параметров для выделенного класса явлений. Основные и производные единицы измерения. Формула размерностей. П-теорема. Примеры приложений. Определение физического подобия. Моделирование. Критерии подобия. Числа Эйлера, Маха, Фруда, Рейнольдса, Струхала, Прандтля.

Темы практических занятий:

1. Научные доклады обучающихся по тематикам их научных исследований 5 семестр.

Примерные темы:

Экспериментальное исследование дозвуковых микроструй.

Определение методов воспламенения и обеспечения устойчивого горения в широкодиапазонной камере сгорания.

2. Научные доклады обучающихся по тематикам их научных исследований, 6 семестр.

Примерные темы:

Экспериментальное исследование плоских недорасширенных струй.

Самостоятельная работа обучающихся

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Самостоятельная подготовка к лекционным и практическим занятиям с использованием учебной литературы. Подготовка доклада по избранной теме. Поиск литературных источников, работа с научным текстом, анализ литературных данных.	100

5. Перечень учебной литературы

5.1 Основная литература

1. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике / Л. И. Седов 10-е изд., доп. Москва: Наука, 1987, 430 с..

2. Черный Г.Г. Газовая динамика: учебник для студентов высших учебных заведений / Г.Г. Черный, Москва: Наука, 1988 424 с.: ил.; 22 см. ISBN 5-02-013814-2.

3. Куликовский А.Г., Любимов Г.А. Магнитная гидродинамика. М.: Физматгиз, 1962.

4. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя / Г. Шлихтинг, Пер. Г.А. Вольперта с 5-го нем. изд., испр. по 6-му (амер.) изд.; Под ред. Л.Г. Лойцянского М.: Наука, 1974, 711 с.

5.2 Дополнительная литература

5. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. Ч.1. / Г.Н. Абрамович 5-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 1991 600 с.: ил. ISBN 5020140155.

6. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. Ч.2. / Г.Н. Абрамович 5-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 1991, 304 с.: ил. ISBN 5020149624

7. Механика сплошных сред в задачах: [В 2 т.]. Т.1. Теория и задачи. / Г.Я. Галин, А.Н. Голубятников, Я.А. Каменярж и др.; Под ред. М.Э. Эглит М.: Моск. Лицей, 1996 395 с.: ил. ISBN 5761100827.

8. Уизем Дж. Линейные и нелинейные волны / Дж. Уизем; пер. с англ. В.В. Жаринова; под ред. А.Б. Шабата Москва: Мир, 1977, 622 с.

9. Гидроаэромеханика / Л. Прандтль; пер. с нем. Г.А. Вольперта Изд. 2-е, испр. и доп. Москва: Иностран. лит., 1951, 575 с.

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся

10. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Механика сплошных сред. 2-е изд. М.: Гостехтеориздат, 1954. <http://ns.itam.nsc.ru/lib/ecatalog/>

11. Слезкин Н.А. Динамика вязкой несжимаемой жидкости. М.: Гос. изд-во физ.-тех. лит-ры, 1955. <http://ns.itam.nsc.ru/lib/ecatalog/>
12. Чарный И.А. Подземная гидрогазодинамика. М.: Гостоптехиздат, 1963. <http://ns.itam.nsc.ru/lib/ecatalog/>

Обучающийся в аспирантуре должен уметь самостоятельно осуществлять научный поиск литературы, необходимой при подготовке доклада по избранной теме.

Обучающиеся полностью обеспечены необходимой научной литературой за счет фондов библиотеки НГУ (<http://libra.nsu.ru/>). Обучающимся, проходящим практику в Институтах СО РАН, предоставляется доступ к информационным ресурсам на тех же основаниях, что и научным сотрудникам этих институтов на основании договоров о прохождении практической подготовки.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Освоение дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

Взаимодействие обучающегося с преподавателем (синхронное и (или) асинхронное) осуществляется через личный кабинет студента в ЭИОС.

7.1 Современные профессиональные базы данных:

1. Полнотекстовые журналы Springer Journals за 1997-2020 г., электронные книги (2005-2020 гг.), коллекция научных биомедицинских и биологических протоколов SpringerProtocols, коллекция научных материалов в области физических наук и инжиниринга SpringerMaterials, реферативная БД по чистой и прикладной математике zbMATH.
2. Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки (ЭБД РГБ).
3. Полнотекстовые электронные ресурсы Freedom Collection издательства Elsevier (Нидерланды) (23 предметные коллекции).
4. Электронные ресурсы Web of Science Core Collection (Thomson Reuters Scientific LLC.), Journal Citation Reports + ESI.
5. Электронные БД JSTOR (США). 15 предметных коллекций: Arts & Sciences I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, Life Sciences, Health & General Science, Mathematics & Statistics, Ecology & Botany, Language & Literature, Business I, II).
6. БД Scopus (Elsevier).

7.2. Информационные справочные системы

Не используются

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

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации;
2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

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

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине и индикаторов их достижения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы по дисциплине представлен в разделе 1.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль успеваемости:

Текущий контроль включает контроль посещаемости обучающимися еженедельных занятий, оценку их активности в ходе дискуссий, презентации аспирантом доклада по одному из разделов программы курса.

Промежуточная аттестация:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Механика жидкости, газа и плазмы для аспирантов» проводится по итогам завершения программы дисциплины в виде зачета, по результатам которого выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено». Оценка «зачтено» может быть выставлена по результатам текущего контроля, если в ходе представления самостоятельно подготовленного доклада и ответов на вопросы обучающийся продемонстрировал уровень сформированности компетенций не ниже порогового. Оценка «зачтено» является положительным результатом прохождения промежуточной аттестации. На зачете для дополнительной проверки сформированности отдельных компетенций обучающемуся могут быть заданы вопросы по пройденному материалу.

Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине Механика жидкости, газа и плазмы для аспирантов

Таблица 10.1

Код компетенции	Результат обучения по дисциплине	Оценочное средство
УК-1.	Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	Работа на лекционных занятиях Представлен

УК-1.1	Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности.	ие доклада Зачет
УК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования.	
УК-5 Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития		Работа на лекционных занятиях Представлен ие доклада Зачет
УК-5.1	Знать возможные направления профессиональной самореализации, владеть приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач.	
УК-5.2	Уметь выявлять и формулировать проблемы собственного профессионального развития, владеть приемами осознания собственных достижений с целью их совершенствования.	
УК-5.3	Обладать знаниями, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования.	
ОПК-1. Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий		Работа на лекционных занятиях Представлен ие доклада Зачет
ОПК-1.1	Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности.	
ОПК-1.2	Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования.	
ОПК-1.3.	Владеть способностью составлять и оформлять научно-технической документацию, научные отчеты, обзоры, доклады и статьи.	
ПК-1. Способность построения теоретических моделей физических явлений и процессов в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.		Работа на лекционных занятиях Представлен ие доклада Зачет
ПК-1.1	Знать теоретические основы, базовые понятия и модели построения теоретических моделей физических явлений и процессов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.	
ПК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.	
ПК-2. Способность к решению научных и практических задач в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.		Работа на лекционных занятиях Представлен ие доклада Зачет
ПК-2.1	Знать физические основы базовых экспериментов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.	
ПК-2.2	Уметь определять и применять современные научные методы в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.	

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (не зачтено)	Пороговый уровень (зачтено)	Базовый уровень (зачтено)	Продвинутый уровень (зачтено)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	УК 1.1 УК 5.1 ОПК 1.1 ПК 1.1 ПК 2.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.
Наличие умений	УК 1.2 УК 5.2 ОПК 1.2 ПК 1.2 ПК 2.2	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки.	Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.
Наличие навыков (владение опытом)	УК 5.3 ОПК-1.3	Отсутствие владения материалом по темам/разделам дисциплины. Нет навыков в решении стандартных задач. Наличие	Имеется минимальный набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. Продемонстрированы

		грубых ошибок.			знания по решению нестандартных задач.
--	--	----------------	--	--	--

Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Перечень вопросов к зачету по дисциплине «Механика жидкости, газа и плазмы для аспирантов».

1. Понятие сплошной среды. Микроскопические, статистические и макроскопические феноменологические методы описания свойств, взаимодействий и движений материальных сред. Области приложения механики жидкости, газа и плазмы.
2. Механические модели, теоретическая схематизация и постановка задач, экспериментальные методы исследований. Основные исторические этапы в развитии механики жидкости и газа.
3. Системы отсчета и системы координат. Лагранжевы и эйлеровы координаты. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета в ньютоновской механике.
4. Точки зрения Эйлера и Лагранжа при изучении движения сплошных сред.
5. Определения и свойства кинематических характеристик движения: перемещения, траектории, скорость, линии тока, критические точки, ускорение, тензор скоростей деформации и его инварианты, вектор вихря, потенциал скорости, циркуляция скорости, установившееся и неустановившееся движение среды. Кинематические свойства вихрей.
6. Закон сохранения массы. Уравнение неразрывности в переменных Эйлера и Лагранжа. Условие несжимаемости. Многокомпонентные смеси. Потoki диффузии. Уравнения неразрывности в форме Эйлера для многокомпонентных смесей. Массовые и поверхностные, внутренние и внешние силы.
7. Законы сохранения количества движения и моментов количества движения для конечных масс сплошной среды. Дифференциальные уравнения движения и момента количества движения сплошной среды. Работа внутренних поверхностных сил. Кинетическая энергия и уравнение живых сил для сплошной среды в интегральной и дифференциальной формах. Понятие о параметрах состояния, пространстве состояний, процессах и циклах.
8. Закон сохранения энергии, внутренняя энергия. Уравнение притока тепла. Вектор потока тепла. Дифференциальные уравнения энергии и притока тепла. Законы теплопроводности Фурье.
9. Различные частные процессы: адиабатический, изотермический и др. Обратимые и необратимые процессы. Совершенный газ. Цикл Карно. Второй закон термодинамики. Энтропия и абсолютная температура.
10. Модель идеальной жидкости. Уравнения Эйлера. Полные системы уравнений для идеальной, несжимаемой и сжимаемой жидкостей. Начальные и граничные условия. Интегралы Бернулли и Коши-Лагранжа. Явление кавитации.
11. Теорема Томсона и динамические теоремы о вихрях. Возникновение вихрей. Теорема Бьеркнеса.
12. Модель вязкой жидкости. Линейно-вязкая (ньютоновская) жидкость. Уравнения Навье-Стокса. Полные системы уравнений для вязкой несжимаемой и сжимаемой жидкостей. Начальные и граничные условия. Диссипация энергии в вязкой теплопроводной жидкости.
13. Применение интегральных соотношений к конечным объемам среды при установившемся движении. Теория реактивной тяги и теория идеального пропеллера.

14. Поверхности слабых и сильных разрывов. Разрывы сплошности. Условия на поверхностях сильного разрыва в материальных средах и в электромагнитном поле. Тангенциальные разрывы и ударные волны.
15. Равновесие жидкости и газа в поле потенциальных массовых сил. Закон Архимеда. Равновесие и устойчивость плавающих тел и атмосферы.
16. Кинематическая задача о произвольном движении твердого тела в неограниченном объеме идеальной несжимаемой жидкости. Энергия, количество движения и момент количества движения жидкости при движении в ней твердого тела. Движение сферы в идеальной жидкости. Силы воздействия идеальной жидкости на тело, движущееся в безграничной массе жидкости. Основы теории присоединенных масс. Парадокс Даламбера.
17. Плоские движения идеальной жидкости. Функция тока. Применение методов теории аналитических функций комплексного переменного для решения плоских задач гидродинамики и аэродинамики. Стационарное обтекание жидкостью цилиндра и профиля. Формулы Чаплыгина и теорема Жуковского. Правило Жуковского и Чаплыгина определения циркуляции вокруг крыльев с острой задней кромкой. Нестационарное обтекание профилей. Плоские задачи о струйных течениях жидкости. Обтекание тел с отрывом струй. Схемы Кирхгофа, Эфроса и др.
18. Определение поля скоростей по заданным вихрям и источникам. Формулы Био-Савара. Прямолинейный и кольцевой вихри. Законы распределения давлений, силы, обуславливающие вынужденное движение прямолинейных вихрей в плоском потоке. Постановка задачи и основные результаты теории крыла конечного размаха. Несущая линия и несущая поверхность.
19. Постановка задачи Коши-Пуассона о волнах на поверхности тяжелой несжимаемой жидкости. Гармонические волны. Фазовая и групповая скорость. Дисперсия волн. Перенос энергии прогрессивными волнами. Теория мелкой воды. Уравнения Буссинеска и Кортевега-де-Вриза. Нелинейные волны. Солитон.
20. Ламинарное движение несжимаемой вязкой жидкости. Течения Куэтта и Пуазейля. Течение вязкой жидкости в диффузоре. Диффузия вихря. Приближения Стокса и Озеена. Задача о движении сферы в вязкой жидкости в постановке Стокса.
21. Ламинарный пограничный слой. Задача Блазиуса. Интегральные соотношения и основанные на их использовании приближенные методы в теории ламинарного пограничного слоя. Явление отрыва пограничного слоя. Устойчивость пограничного слоя. Теплообмен с потоком на основе теории пограничного слоя.
22. Турбулентность. Опыт Рейнольдса. Уравнения Рейнольдса. Турбулентный перенос тепла и вещества. Полуэмпирические теории турбулентности. Профиль скорости в пограничном слое. Логарифмический закон. Прямое численное решение уравнений гидромеханики при наличии турбулентности.
23. Свободная и вынужденная конвекция. Приближение Буссинеска. Линейная неустойчивость подогреваемого плоского слоя и порог возникновения конвекции. Понятие о странном аттракторе. Движение жидкости и газа в пористой среде. Закон Дарси. Система дифференциальных уравнений подземной гидрогазодинамики. Неустановившаяся фильтрация газа. Примеры точных автомодельных решений.
24. Распространение малых возмущений в сжимаемой жидкости. Волновое уравнение. Скорость звука. Запаздывающие потенциалы. Эффект Допплера. Конус Маха.
25. Уравнения газовой динамики. Характеристики. Влияние сжимаемости на форму трубок тока при установившемся движении. Элементарная теория сопла Лаваля. Одномерные неустановившиеся движения газов с плоскими, цилиндрическими и сферическими волнами. Автомодельные движения и классы соответствующих задач. Задачи о поршне и о сильном взрыве в газе.
26. Волны Римана. Эффект опрокидывания волн. Адиабата Гюгонио. Теорема Цемплена. Эволюционные и неэволюционные разрывы. Теория волн детонации и горения. Правило

Жуге и его обоснование. Задача о структуре сильного разрыва. Качественное описание решения задачи о распаде произвольного разрыва.

27. Плоские стационарные сверхзвуковые течения газа. Метод характеристик. Течение Прандтля-Майера. Косой скачок уплотнения. Обтекание сверхзвуковым потоком газа клина и конуса. Понятие об обтекании тел газом с отошедшей ударной волной. Линейная теория обтекания тонких профилей и тел вращения. Течения с гиперзвуковыми скоростями. Закон сопротивления Ньютона.

28. Электромагнитное поле. Уравнения Максвелла в пустоте. Взаимодействие электромагнитного поля с проводниками. Сила Лоренца. Закон сохранения полного заряда. Закон Ома. Среды с идеальной проводимостью. Вектор и уравнение Умова—Пойнтинга. Джоулево тепло. Уравнения импульса и притока тепла для проводящей среды.

29. Уравнения магнитной гидродинамики. Условия вмороженности магнитного поля в среду. Понятие о поляризации и намагничивании жидкостей.

30. Система определяющих параметров для выделенного класса явлений. Основные и производные единицы измерения. Формула размерностей. П-теорема. Примеры приложений. Определение физического подобия. Моделирование. Критерии подобия. Числа Эйлера, Маха, Фруда, Рейнольдса, Струхала, Прандтля.

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский
государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)

Физический факультет

Кафедра аэрофизики и газовой динамики



Согласовано, декан ФФ

Бондарь А.Е.

подпись
«07» 10 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Теоретическая аэрогидродинамика для аспирантов

направление подготовки: 03.06.01 Физика и астрономия

Курс 2, семестр 3-4

профиль

Механика жидкости, газа и плазмы

Форма обучения: **очная**

Разработчик:

к.ф.-м.н. А.С. Верещагин

Заведующий кафедрой АФГД ФФ

д.ф.-м.н., академик РАН В.М. Фомин

Новосибирск 2020

Содержание

Аннотация к рабочей программе дисциплины «Теплофизика и теоретическая теплотехника для аспирантов».....	25
1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	27
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	28
3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося.....	28
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.....	29
5. Перечень учебной литературы.....	30
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.....	30
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.....	31
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	32
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	32
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.....	33

Аннотация
к рабочей программе дисциплины
«Теплофизика и теоретические основы теплообмена для аспирантов»
Направление: **03.06.01 Физика и астрономия**
Направленность (профиль): **Теплофизика и теоретическая теплотехника**
Направленность (профиль): **Механика жидкости, газа и плазмы**

Дисциплина «Теплофизика и теоретические основы теплообмена для аспирантов» реализуется в рамках образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 03.06.01 «Физика и астрономия» профиль подготовки «Теплофизика и теоретическая теплотехника» по очной форме обучения на русском языке. Дисциплина «Теплофизика и теоретические основы теплообмена для аспирантов» развивает знания, умения и навыки, сформированные у обучающихся по результатам общей базовой подготовки в рамках программ бакалавриата и магистратуры и не требует знаний по другим дисциплинам подготовки для аспирантов. Дисциплина «Теплофизика и теоретические основы теплообмена для аспирантов» реализуется в третьем и четвертом семестрах в рамках вариативной части дисциплин (модулей) в составе модуля «Теплофизика и теоретическая теплотехника» в качестве обязательной дисциплины и является базовой для осуществления научно-исследовательской деятельности и подготовки научно-квалификационной работы (диссертации), а также может быть реализована как дисциплина по выбору в третьем и четвертом семестрах в рамках вариативной части дисциплин (модулей) в составе модуля «Механика жидкости, газа и плазмы».

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Знания:

УК-1.1. Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности.

УК-5.1. Знать возможные направления профессиональной самореализации, владеть приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач.

ОПК-1.1. Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности.

ПК-1.1. Знать теоретические основы, базовые понятия и модели построения теоретических моделей физических явлений и процессов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

ПК-2.1. Знать физические основы базовых экспериментов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

Умения:

УК-1.2. Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования.

УК-5.2. Уметь выявлять и формулировать проблемы собственного профессионального развития.

ОПК-1.2. Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования.

ПК-1.2. Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

ПК-2.2. Уметь определять и применять современные научные методы в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

Навыки:

УК-5.3. Владеть приемами осознания собственных достижений с целью их совершенствования, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования.

ОПК-1.3. Владеть способностью составлять и оформлять научно-технической документацию, научные отчеты, обзоры, доклады и статьи.

Перечень основных разделов дисциплины: 1-е и 2-е начала термодинамики и элементы статистической физики. Термодинамические системы с фазовыми переходами и термодинамика потоков. Циклы тепловых машин. Паротурбинные установки, машины обратного цикла и установки прямого преобразования теплоты в электроэнергию. Элементы теории флуктуаций и случайных процессов. Конвективный теплообмен. Основные положения. Теплообмен при фазовых превращениях. Конвективный перенос в многокомпонентных средах.

Основными задачами, стоящими при изучении данной дисциплины, является углубленное изучение теоретических вопросов современной теплофизики, развитие практических навыков решения задач в данной области, навыков применения теплофизических методов для исследования процессов тепло- и массообмена в жидкостях, газах, плазме.

Текущий контроль включает контроль посещаемости обучающимися еженедельных занятий, оценку их активности в ходе дискуссий. и заключается в презентации аспирантом доклада по одному из разделов программы курса.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Теплофизика и теоретические основы теплообмена для аспирантов» проводится по итогам завершения программы дисциплины в виде зачета, по результатам которого выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено». Оценка «зачтено» может быть выставлена по результатам текущего контроля, если в ходе представления самостоятельно подготовленного доклада и ответов на вопросы обучающийся продемонстрировал уровень сформированности компетенций не ниже порогового. Оценка «зачтено» является положительным результатом прохождения промежуточной аттестации. На зачете для дополнительной проверки сформированности отдельных компетенций обучающемуся могут быть заданы вопросы по пройденному материалу.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекционные занятия, практические занятия, индивидуальная работа с преподавателем, доклады обучающихся по тематике, связанной с выполнением их научной работы, самостоятельная подготовка обучающихся, зачет.

Общий объем дисциплины – 5 зачетных единиц (180 часов).

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код	Компетенции, формируемые в рамках дисциплины
УК-1. Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	
УК-1.1	Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности.
УК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования.
УК-5. Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития	
УК-5.1	Знать возможные направления профессиональной самореализации, владеть приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач.
УК-5.2	Уметь выявлять и формулировать проблемы собственного профессионального развития, владеть приемами осознания собственных достижений с целью их совершенствования.
УК-5.3	Обладать знаниями, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования.
ОПК-1. Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	
ОПК-1.1	Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности.
ОПК-1.2	Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования.
ОПК-1.3	Владеть способностью составлять и оформлять научно-технической документацию, научные отчеты, обзоры, доклады и статьи.
ПК-1. Способность построения теоретических моделей физических явлений и процессов в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.	
ПК-1.1	Знать теоретические основы, базовые понятия и модели построения теоретических моделей физических явлений и процессов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.
ПК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.
ПК-2. Способность к решению научных и практических задач в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.	
ПК-2.1	Знать физические основы базовых экспериментов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.
ПК-2.2	Уметь определять и применять современные научные методы в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

4. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Теплофизика и теоретические основы теплообмена для аспирантов» реализуется в рамках образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 03.06.01 «Физика и астрономия» профиль подготовки «Теплофизика и теоретическая теплотехника» по очной форме обучения на русском языке. Дисциплина «Теплофизика и теоретические основы теплообмена для аспирантов» развивает знания, умения и навыки, сформированные у обучающихся по результатам общей базовой подготовки в рамках программ бакалавриата и магистратуры и не требует знаний по другим дисциплинам подготовки для аспирантов. Дисциплина «Теплофизика и теоретические основы теплообмена для аспирантов» реализуется в третьем и четвертом семестрах в рамках вариативной части дисциплин (модулей) в составе модуля «Теплофизика и теоретическая теплотехника» в качестве обязательной дисциплины и является базовой для осуществления научно-исследовательской деятельности и подготовки научно-квалификационной работы (диссертации), а также может быть реализована как дисциплина по выбору в третьем и четвертом семестрах в рамках вариативной части дисциплин (модулей) в составе модуля «Механика жидкости, газа и плазмы».

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекционные занятия, практические занятия, индивидуальная работа с преподавателем, доклады обучающихся по тематике, связанной с выполнением их научной работы, самостоятельная подготовка обучающихся, зачет.

Общий объем дисциплины – 5 зачетных единиц (180 часов).

Дисциплины (практики), для изучения которых необходимо освоение дисциплины Теплофизика и теоретическая теплотехника для аспирантов:

Кандидатский экзамен по модулю Теплофизика и теоретическая теплотехника

3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)					Промежуточная аттестация (в часах)					
		Контактная работа обучающихся с преподавателем					Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Индивидуальная работа с преподавателем/ Консультации в период занятий	Самостоятельная работа, не включая период сессии			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Кандидатский экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
3	108	32	6		14	54				2		
4	72	32	6		8	24				2		
ИТОГО	180	64	12		22	78				4		
Всего 180 часов /5 зачетных единиц из них: - контактная работа 92 часа - в интерактивных формах 34 часа												
Компетенции: УК-1, УК-5, ОПК-1, ПК-1, ПК-2												

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

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Консультации перед экзаменом (в часах)	Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы			Сам. работа во время занятий (не включая период сессии)	Сам. работа во время промежуточной аттестации		
				Лекции	Практические занятия	Индивидуальная работа с преподавателем /Консультации в период занятий				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3 семестр										
10.	1-е и 2-е начала термодинамики и элементы статистической физики	1-4	18	8			10			
11.	Термодинамические системы с фазовыми переходами и термодинамика потоков	5-8	18	8			10			
12.	Циклы тепловых машин.	9-12	18	8			10			
13.	Паротурбинные установки, машины обратного цикла и установки прямого преобразования теплоты в электроэнергию	13-16	18	8			10			
14.	Научные доклады обучающихся по тематикам их научных исследований	1-16	34		6	14	14			
15.	Зачет	17	2							2
16.	Всего по семестру		108	32	6	14	54			2
4 семестр										
10.	Элементы теории флуктуаций и случайных процессов	1-4	12	8			4			
11.	Конвективный теплообмен. Основные положения.	5-8	12	8			4			

12.	Теплообмен при фазовых превращениях.	9-12	12	8			4			
13.	Конвективный перенос в многокомпонентных средах.	13-16	12	8			4			
14.	Научные доклады обучающихся по тематикам их научных исследований	1-16	22		6	8	8			
15.	Зачет	17	2							2
16.	Всего по семестру		72	32	6	8	24			2
17.	Итого		180	64	12	22	78			4

Лекционные и практические занятия проводятся в интерактивной форме, подразумевающей со стороны преподавателя постановку проблемы по указанным темам, формулировку некоторых практических заданий и задач, подходы к решению которых должны найти обучающиеся в ходе занятия. Практикуется обсуждение проблемных вопросов, в том числе, с элементами свободной дискуссии с участием обучающихся и преподавателя. На занятиях также заслушиваются доклады обучающихся по заданным темам, сопровождающиеся уточняющими вопросами со стороны преподавателя и других обучающихся. Темы закрепляются в ходе самостоятельной работы обучающегося по решению задач с использованием рекомендованной литературы, а также в процессе научно-исследовательской деятельности.

Индивидуальная работа с преподавателем

Перечень работ	Объем, час
Обсуждение плана доклада по избранной теме, рекомендации преподавателя относительно литературных источников, которые можно использовать при подготовке доклада, индивидуальные консультации по ходу подготовки доклада. Обсуждение задач, стоящих перед аспирантом в рамках его научно-исследовательской работы, и возможных способов их решения с привлечением различных методов.	22

Самостоятельная работа обучающихся

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Самостоятельная подготовка к лекционным и практическим занятиям с использованием учебной литературы. Подготовка доклада по избранной теме. Поиск литературных источников, работа с научным текстом, анализ литературных данных. Подготовка к практическим занятиям. Решение практических заданий.	78

5. Перечень учебной литературы

5.1 Используемая литература

1. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя / Г. Шлихтинг, Пер. Г.А. Вольперта с 5-го нем. изд., испр. по 6-му (амер.) изд.; Под ред. Л.Г. Лойцянского М.: Наука, 1974. 711 с.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е. М. Т.6: Гидродинамика Изд. 5-е, стер 2006. 731 с.: ил. ISBN 5-9221-0121-8 (Теоретическая физика: учебное пособие для студентов физических

- специальностей университетов: в 10 т. / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц; под ред. Л.П. Питаевского Москва: Физматлит, 200 -22 см. ISBN 5-9221-0053-X)
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Т.5: Статистическая физика. Ч.1 Изд. 5-е, стер2005616 с.: ил. ISBN 5-9221-0054-8. 8 (Теоретическая физика: учебное пособие для студентов физических специальностей университетов: в 10 т. / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц; под ред. Л.П. Питаевского Москва: Физматлит, 200 -22 см. ISBN 5-9221-0053-X)
4. Квасников И.А. Термодинамика и статистическая физика: [Учеб. пособие для вузов по спец. "Физика"]. Т.2. Теория равновесных систем: Статистическая физика. / И.А. Квасников 2-е изд., перераб. и доп. М.: УРСС, 2002429 с.: ил. ; 23 см. ISBN 5-354-00078-5
5. Квасников И.А. Термодинамика и статистическая физика : [Учеб. пособие для вузов по спец. "Физика"]. Т.1. Теория равновесных систем: Термодинамика. / И.А. Квасников 2-е изд., перераб. и доп. М. : УРСС, 2002238 с. : ил. ; 23 см. ISBN 5-354-00077-7

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся

Размещение учебных материалов:

http://www.itp.nsc.ru/KSITE/right/doc/lectures/Lezhnin_CHT.rar

Самостоятельная работа представлена решением задач из следующих источников:

1. Филатова Е.С., Филиппова Л.Г. Сборник задач с решениями по термодинамике и статистической: Учебное пособие. - Новосибирск: Изд-во НГУ, 1981, 88 с.
2. Лежнин С.И., Кувшинов Г.Г. Химическая термодинамика: - Новосибирск: Изд-во НГТУ. - 2000, 80 с.
3. Лежнин С.И., Кувшинов Г.Г. Техническая термодинамика: - Новосибирск: Изд-во НГТУ. - 2000, 100с.
- 4/ Лежнин С.И., Заварухин С.Г. Сборник заданий по курсу «Процессы переноса в сплошных средах»: Методическое пособие - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. 26 с.
- 5/ Алексеенко С.В., Лежнин С.И. Теория процессов переноса в сплошных средах: Учебное пособие. - Новосибирск: Изд-во Института теплофизики СО РАН, 2006.
- 5/ Жуков В.И., Лежнин С.И., Кувшинов Г.Г., Массообменные процессы и аппараты, Часть I. - Новосибирск: Изд-во НГТУ. - 2007. - 129 с.
7. Жуков В.И., Лежнин С.И., Кувшинов Г.Г. Массообменные процессы и аппараты, Часть I. - Новосибирск: Изд-во НГТУ. - 2007. - 136 с.
- 8/ Лежнин С.И., Кувшинов Г.Г. Процессы переноса в сплошных средах: - Новосибирск: Изд-во НГТУ. - 2008. - 126 с.

Обучающийся в аспирантуре должен уметь самостоятельно осуществлять научный поиск литературы, необходимой при подготовке доклада по избранной теме.

Обучающиеся полностью обеспечены необходимой научной литературой за счет фондов библиотеки НГУ (<http://libra.nsu.ru/>). Обучающимся, проходящим практику в Институтах СО РАН, предоставляется доступ к информационным ресурсам на тех же основаниях, что и научным сотрудникам этих институтов на основании договоров о прохождении практической подготовки.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Освоение дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

Взаимодействие обучающегося с преподавателем (синхронное и (или) асинхронное) осуществляется через личный кабинет студента в ЭИОС.

7.1 Современные профессиональные базы данных:

7. Полнотекстовые журналы Springer Journals за 1997-2020 г., электронные книги (2005-2020 гг.), коллекция научных биомедицинских и биологических протоколов SpringerProtocols, коллекция научных материалов в области физических наук и инжиниринга SpringerMaterials, реферативная БД по чистой и прикладной математике zbMATH.

8. Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки (ЭБД РГБ).

9. Полнотекстовые электронные ресурсы Freedom Collection издательства Elsevier (Нидерланды) (23 предметные коллекции).

10. Электронные ресурсы Web of Science Core Collection (Thomson Reuters Scientific LLC.), Journal Citation Reports + ESI.

11. Электронные БД JSTOR (США). 15 предметных коллекций: Arts & Sciences I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, Life Sciences, Health & General Science, Mathematics & Statistics, Ecology & Botany, Language & Literature, Business I, II).

12. БД Scopus (Elsevier).

7.2. Информационные справочные системы

Не используются

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

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации;
2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

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

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине и индикаторов их достижения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы по дисциплине представлен в разделе 1.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль успеваемости:

Текущий контроль включает контроль посещаемости обучающимися еженедельных занятий, оценку их активности в ходе дискуссий.

Промежуточная аттестация:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Теплофизика и теоретические основы теплообмена для аспирантов» проводится по итогам завершения программы дисциплины в виде зачета. Зачет по дисциплине выставляется в том случае, если заявленные дисциплиной компетенции, сформированы не ниже порогового уровня. Оценка «зачтено» является положительным результатом прохождения промежуточной аттестации.

Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине Теплофизика и теоретические основы теплообмена для аспирантов

Таблица 10.1

Код компетенции	Результат обучения по дисциплине	Оценочное средство
УК-1. Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях		Работа на практических занятиях Представление доклада Зачет
УК-1.1	Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности.	
УК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования.	
УК-5. Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития		Работа на практических занятиях Представление доклада Зачет
УК-5.1	Знать возможные направления профессиональной самореализации, владеть приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач.	
УК-5.2	Уметь выявлять и формулировать проблемы собственного профессионального развития.	
УК-5.3	Владеть приемами осознания собственных достижений с целью их совершенствования, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в	

	применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования.	
ОПК-1. Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий		Работа на практических занятиях Представление доклада Зачет
ОПК-1.1	Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности.	
ОПК-1.2	Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования.	
ОПК-1.3	Владеть способностью составлять и оформлять научно-технической документацию, научные отчеты, обзоры, доклады и статьи.	
ПК-1. Способность построения теоретических моделей физических явлений и процессов в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.		Работа на практических занятиях Представление доклада Зачет
ПК-1.1	Знать теоретические основы, базовые понятия и модели построения теоретических моделей физических явлений и процессов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.	
ПК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.	
ПК-2. Способность к решению научных и практических задач в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.		Работа на практических занятиях Представление доклада Зачет
ПК-2.1	Знать физические основы базовых экспериментов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.	
ПК-2.2	Уметь определять и применять современные научные методы в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.	

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (не зачтено)	Пороговый уровень (зачтено)	Базовый уровень (зачтено)	Продвинутый уровень (зачтено)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	УК 1.1 УК 5.1 ОПК 1.1 ПК 1.1	Уровень знаний ниже минимальных требований.	Минимально допустимый уровень	Уровень знаний соответствует программе	Уровень знаний соответствует

	ПК 2.1	Имеют место грубые ошибки.	знаний. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.
Наличие умений	УК 1.2 УК 5.2 ОПК 1.2 ПК 1.2 ПК 2.2	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки.	Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.
Наличие навыков (владение опытом)	УК 5.3 ОПК 1.3	Отсутствие владения материалом по темам/разделам дисциплины. Нет навыков в решении стандартных задач. Наличие грубых ошибок.	Имеется минимальный набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. Продемонстрированы знания по решению нестандартных задач.

Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Тематика докладов дисциплины
«Теплофизика и теоретические основы теплообмена для аспирантов»

1. 1е и 2-е начала термодинамики и элементы статистической физики
2. Термодинамические системы с фазовыми переходами и термодинамика потоков
3. Циклы тепловых машин

4. Паротурбинные установки, машины обратного цикла и установки прямого преобразования теплоты в электроэнергию
5. Элементы теории флуктуаций и случайных процессов
6. Конвективный теплообмен. Основные положения
7. Теплообмен при фазовых превращениях
8. Конвективный перенос в многокомпонентных средах

Примерный перечень задач и вопросов к зачету.

1. Взаимодействие молекул. Различные составляющие межмолекулярных сил. Потенциальные функции межмолекулярного взаимодействия. Упругие и неупругие столкновения.
2. Вывод гидродинамических уравнений из уравнений Больцмана. Вычисление кинетических коэффициентов.
3. Диаграммы состояния. Условия равновесия фаз. Закон Клапейрона—Клаузиуса. Критическая точка и физические свойства системы в окрестности критической точки. Соотношения между критическими показателями.
4. Законы термодинамики. Термодинамические функции. Термодинамические неравенства.
5. Ионизационное равновесие. Формула Саха. Кинетика ионизации
6. Истечение газа через простое сопло и сопло Лавалья.
7. Квантовая статистика идеального газа. Распределение Бозе. Бозе-конденсация. Распределение Ферми. Теплоемкость вырожденного ферми-газа.
8. Колебание решетки, спектральная плотность колебаний решетки. Теплоемкость кристаллов.
9. Модели Эйнштейна и Дебая.
10. Конвективный теплообмен: уравнения, граничные условия.
11. Кризис кипения. Методы расчета. Критические плотности теплового потока при кипении. Кризис сопротивления при обтекании тел.
12. Метастабильные состояния. Перегрев, переохлаждение. Давление насыщенных паров над раствором.
13. Модели турбулентности. Методы расчета турбулентных явлений в газе, жидкости и плазме.
14. H – теорема. Вывод кинетического уравнения Больцмана на основе баланса числа частиц. Идеи метода Чепмена—Энскога и Грэда.
15. Неидеальные газы. Разложения по степеням плотности. Виральные коэффициенты.
16. Низкотемпературная плазма. Дебаевский радиус. Явление переноса в плазме.
17. Основные законы радиационного теплообмена.
18. Плёночная и капельная конденсация. Теплообмен при плёночной конденсации неподвижного пара на вертикальной стенке. Качественное влияние неконденсирующихся газов.
19. Поверхностные явления. Поверхностное натяжение, смачивание. Осмотическое давление.
20. Распределение Гиббса. Энтропия. Статистическое обоснование закона возрастания энтропии.
21. Распределение Гиббса для систем с переменным числом частиц.

22. Распространение звука в газе, дисперсия и затухание звука. Вторая вязкость.
23. Сопротивление и теплопередача при ламинарном течении в трубах и каналах.
24. Статистическое описание идеального газа. Распределение Больцмана. Термодинамические свойства двухатомного газа с молекулами одинаковых и разных атомов. Закон равномерного распределения.
25. Теория флуктуаций. Распределение Гаусса. Флуктуации основных термодинамических величин. Формула Пуассона.
26. Теплообмен при кипении. Теплоотдача при пузырьковом кипении в условиях свободной конвекции и при вынужденном течении.
27. Теплопроводность твердых тел. Механизмы теплопроводности в диэлектриках и металлах.
28. Термодинамика поверхности. Поверхностное натяжение и поверхностное давление. Равновесие между поверхностной фазой и газом. Теория образования зародышей при фазовых переходах первого рода.
29. Ударные волны. Законы сохранения на фронте ударной волны. Ударная адиабата.
30. Уравнение состояния идеального газа. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Закон соответственных состояний, термодинамическое подобие. Теплоемкость. Эффект Джоуля—Томпсона.
31. Уравнения ламинарного пограничного слоя. Трение и теплообмен при обтекании пластины несжимаемой жидкостью
32. Уравнения переноса, основы термодинамики необратимых явлений. Соотношение симметрии кинетических коэффициентов Онсагера.
33. Уравнения состояния жидкости и плотных газов. Плотность, сжимаемость, теплоемкость.
34. Условие химического равновесия. Закон действующих масс. Теплота реакции. Термическая диссоциация, ионизация, возбуждение.
35. Фазовые переходы первого и второго рода. Термодинамическая теория Ландау фазовых переходов второго рода.
36. Явление переноса в газах. Вязкость. Теплопроводность. Диффузия.
37. Явление переноса в жидкости. Вязкость, теплопроводность, диффузия и самодиффузия.

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский
государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)

Физический факультет

Кафедра аэрофизики и газовой динамики



Согласовано, декан ФФ

Бондарь А.Е.

подпись

«07» 10

2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Теоретическая аэрогидродинамика для аспирантов

направление подготовки: 03.06.01 Физика и астрономия

Курс 2, семестр 3-4

профиль

Механика жидкости, газа и плазмы

Форма обучения: **очная**

Разработчик:

к.ф.-м.н. А.С. Верещагин

Заведующий кафедрой АФГД ФФ

д.ф.-м.н., академик РАН В.М. Фомин

Новосибирск 2020

Содержание

Аннотация к рабочей программе дисциплины «Теоретическая аэрогидродинамика для аспирантов».....	40
1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	42
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	43
3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося.....	43
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.....	44
5. Перечень учебной литературы.....	47
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.....	48
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.....	48
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	49
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	49
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.....	49

Аннотация
к рабочей программе дисциплины
«Теоретическая аэрогидродинамика для аспирантов»
Направление: **03.06.01 Физика и астрономия**
Направленность (профиль): **Механика жидкости, газа и плазмы**

»

Дисциплина «Теоретическая аэрогидродинамика для аспирантов» реализуется в рамках образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 03.06.01 «Физика и астрономия» профиль подготовки «Механика жидкости, газа и плазмы» по очной форме обучения на русском языке. Дисциплина «Теоретическая аэрогидродинамика для аспирантов» развивает знания, умения и навыки, сформированные у обучающихся по результатам общей базовой подготовки в рамках программ бакалавриата и магистратуры, и не требует знаний по другим дисциплинам подготовки для аспирантов. Курс входит в набор вариативных дисциплин, направленных на подготовку к сдаче экзаменов кандидатского минимума и подготовки научно-квалификационной работы (диссертации), для аспирантов, обучающихся по профилю подготовки «Механика жидкости, газа и плазмы», а также может быть реализована как дисциплина по выбору в третьем и четвертом семестрах в рамках вариативной части дисциплин (модулей) в составе модуля «Теплофизика и теоретическая теплотехника».

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Знания:

УК-1.1. Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности.

УК-5.1. Знать возможные направления профессиональной самореализации, владеть приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач.

ОПК-1.1. Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности.

ПК-1.1. Знать теоретические основы, базовые понятия и модели построения теоретических моделей физических явлений и процессов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

ПК-2.1. Знать физические основы базовых экспериментов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

Умения:

УК-1.2. Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования.

УК-5.2. Уметь выявлять и формулировать проблемы собственного профессионального развития.

ОПК-1.2. Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования.

ПК-1.2. Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

ПК-2.2. Уметь определять и применять современные научные методы в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

Навыки:

УК-5.3. Владеть приемами осознания собственных достижений с целью их совершенствования, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования.

ОПК-1.3. Владеть способностью составлять и оформлять научно-технической документацию, научные отчеты, обзоры, доклады и статьи.

Цели дисциплины – углубленное изучение теоретических вопросов современной аэрогидродинамики, развитие практических навыков решения задач в данной области, навыков применения физических методов для исследования физических процессов в аэрогидродинамических процессах. В ходе изучения дисциплины у аспирантов формируются представления о современном состоянии теоретической аэрогидродинамики, об основных идеях и достижениях в этой области.

Перечень основных разделов дисциплины: основные принципы и законы МСС, введение в неравновесную газодинамику, введение в механику гетерогенных сред, моделирование течений идеальной и вязкой жидкости.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекционные занятия, практические занятия, доклады обучающихся по тематике, связанной с выполнением их научной работы, индивидуальная работа с преподавателем, самостоятельная подготовка обучающегося, зачет.

Общий объем дисциплины – 5 зачетных единиц (180 часов).

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код	Компетенции, формируемые в рамках дисциплины
УК-1. Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	
УК-1.1	Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности.
УК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования.
УК-5. Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития	
УК-5.1	Знать возможные направления профессиональной самореализации, владеть приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач.
УК-5.2	Уметь выявлять и формулировать проблемы собственного профессионального развития, владеть приемами осознания собственных достижений с целью их совершенствования.
УК-5.3	Обладать знаниями, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования.
ОПК-1. Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	
ОПК-1.1	Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности.
ОПК-1.2	Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования.
ОПК-1.3	Владеть способностью составлять и оформлять научно-технической документацию, научные отчеты, обзоры, доклады и статьи.
ПК-1. Способность построения теоретических моделей физических явлений и процессов в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.	
ПК-1.1	Знать теоретические основы, базовые понятия и модели построения теоретических моделей физических явлений и процессов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.
ПК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.
ПК-2. Способность к решению научных и практических задач в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.	
ПК-2.1	Знать физические основы базовых экспериментов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.
ПК-2.2	Уметь определять и применять современные научные методы в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Теоретическая аэрогидродинамика для аспирантов» реализуется в рамках образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 03.06.01 «Физика и астрономия» профиль подготовки «Механика жидкости, газа и плазмы» по очной форме обучения на русском языке. Дисциплина «Теоретическая аэрогидродинамика для аспирантов» развивает знания, умения и навыки, сформированные у обучающихся по результатам общей базовой подготовки в рамках программ бакалавриата и магистратуры, и не требует знаний по другим дисциплинам подготовки для аспирантов. Курс входит в набор вариативных дисциплин, направленных на подготовку к сдаче экзаменов кандидатского минимума и подготовки научно-квалификационной работы (диссертации), для аспирантов, обучающихся по профилю подготовки «Механика жидкости, газа и плазмы» а также может быть реализована как дисциплина по выбору в третьем и четвертом семестрах в рамках вариативной части дисциплин (модулей) в составе модуля «Теплофизика и теоретическая теплотехника».

Цели дисциплины – углубленное изучение теоретических вопросов современной аэрогидродинамики, развитие практических навыков решения задач в данной области, навыков применения физических методов для исследования физических процессов в аэрогидродинамических процессах. В ходе изучения дисциплины у аспирантов формируются представления о современном состоянии теоретической аэрогидродинамики, об основных идеях и достижениях в этой области.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекционные занятия, практические занятия, доклады обучающихся по тематике, связанной с выполнением их научной работы, индивидуальная работа с преподавателем, самостоятельная подготовка обучающегося, зачет.

Общий объем дисциплины – 5 зачетных единиц (180 часов)

Дисциплины (практики), для изучения которых необходимо освоение дисциплины Теоретическая аэрогидродинамика для аспирантов:

Кандидатский экзамен по модулю Механика жидкости, газа и плазмы.

Каеидатский экзамен по модулю Теплофизика и теоретическая теплотехника.

3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)					Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем					Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Индивидуальная работа с преподавателем/ Консультации в период занятий	Самостоятельная работа, не включая период сессии		Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Кандидатский
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	108	32	6		8	60			2		
4	72	32	6		8	24			2		
ИТОГО	180	64	12		16	84			4		
Всего 180 часов /5 зачетных единиц											
из них: - контактная работа 96 часов; - в интерактивных формах 28 часов											
Компетенции: УК-1, УК-5, ОПК-1, ПК-1, ПК-2											

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

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Консультации перед экзаменом (в часах)	Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы			Сам. работа во время занятий (не включая период сессии)	Сам. работа во время промежуточной аттестации		
				Лекции	Практические занятия	Индивидуальная работа с преподавателем / Консультации в период занятий				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3 семестр										
1.	Основные понятия механики сплошных сред	1-4	16	8			8			
2.	Элементы тензорного исчисления.	5-8	14	6			8			
3.	Тензоры деформаций, тензор скоростей деформаций, силы, действующие на сплошную среду, тензор напряжений.	9-11	14	6			8			
4.	Законы сохранения в механике сплошной среды, основные модели и общие теоремы.	12-13	14	6			8			
5.	Плоские потенциальные течения идеальной жидкости.	14-16	14	6			8			
6.	Научные доклады обучающихся по тематикам их научных исследований	1-16	34		6	8	20			
7.	Зачет	17	2							2
8.	Всего по семестру		108	32	6	8	60			2
4 семестр										
1.	Газовая динамика.	1-4	11	8			3			
2.	Вихревое движение идеальной жидкости.	5-8	9	6			3			
3.	Вязкая жидкость.	9-11	9	6			3			

4.	Пограничный слой.	12-13	9	6			3			
5.	Турбулентность	14-16	9	6			3			
6.	Научные доклады обучающихся по тематикам их научных исследований	1-16	22		6	8	8			
7.	Зачет	17	2							2
8.	Всего по семестру		72	32	6	8	24			2
9.	Итого		180	64	12	16	84			4

Программа курса по разделам и темам

3 семестр

1. Основные понятия механики сплошных сред

Предмет механики сплошных сред. Основные гипотезы механики сплошных сред. Понятие материальной точки. Лагранжево и эйлерово описание сплошной среды. Траектория, скорость, ускорение. Стационарное нестационарное течение. Линии тока поля скорости.

2. Элементы тензорного исчисления.

Аффинный ортогональный тензор второго ранга. Криволинейные системы координат. Скаляр. Вектор. Ковариантность и контравариантность. Тензор. Тензорная алгебра. Произведение тензоров. Сокращение индексов. Теоремы о тензорах. Фундаментальный квадратичная форма и тензор. Метрика. Скалярное произведение векторов.

3. Тензоры деформаций, тензор скоростей деформаций, силы, действующие на сплошную среду, тензор напряжений

Движение сплошной среды. Сопутствующий базис. Метрический тензор. Нелинейный тензор деформации. Геометрическая интерпретация компонент тензора деформаций. Главные деформации и инварианты. Связь между относительным изменением объёма и инвариантами тензора деформаций. Вектор перемещений. Связь вектора перемещений, метрического тензора и тензора деформаций. Тензор скоростей деформации. Распределение скоростей в бесконечно малой частице. Теорема Коши-Гельмгольца. Свойства компонентов, главные значения и собственные векторы тензора скоростей деформации. Объёмные и массовые силы. Поверхностные силы. Тензор напряжения Коши. Разложение напряжения на составляющие. Главные напряжения и оси тензора напряжения.

4. Законы сохранения в механике сплошной среды, основные модели и общие теоремы

Траектория движения сплошной среды. Формула Эйлера. Законы сохранения параметров сплошной среды в интегральной и дифференциальной форме. Жидкость, газ, твёрдое тело основные отличия. Идеальные, не идеальные и линейные и нелинейные среды. Модели идеальной несжимаемой жидкости, идеального политропного нетеплопроводного газа, вязкой несжимаемой жидкости, вязкого сжимаемого теплопроводного газа. Обобщённые движения сплошной среды. Соотношения на сильном скачке. Классификация сильных разрывов. Соотношение для ударных волн. Баротропные течения. Функция

давления. Форма Громеки-Ламба для уравнения движения. Уравнения динамической возможности движения. Интегралы Бернулли и Коши и условия их существования. Кинетическая энергия безвихревого течения. Теорема Томсона. Вихревые течения. Вихревые линия, трубка. Теорема о циркуляции вектора вихря. Теорема о производной циркуляции скорости. Теорема Томсона. Теорема Лагранжа. Первая и вторая теоремы Гельмгольца.

5. Плоские потенциальные течения идеальной жидкости

Определение плоского течения. Функция тока и её свойства. Связь потенциала и функции тока. Комплексный потенциал и его свойства. Простейшие течения. Обтекание абсолютно твёрдого тела. Задание граничных условий. Формулы Блазиуса-Чаплыгина. Формулы Кутта-Жуковского.

4 семестр

1. Газовая динамика

Инварианты Римана, Получение и интегрирование обыкновенных дифференциальных уравнений вдоль соответствующих характеристик. Решение задачи о волне разрежения при распаде разрыва.

2. Вихревое движение идеальной жидкости.

Теоремы Томсона, Лагранжа, Гельмгольца. Уравнения Фридмана. Числа Рейнольдса, Стокса, Маха, Фруда, Кнудсена. Моделирование и безразмерные переменные. Пи-теорема.

3. Вязкая жидкость

Уравнения движения вязкой жидкости. Запись в криволинейной системе координат, цилиндрической и сферической. Уравнения Навье – Стокса. Точные решения при малых числах Рейнольдса: – Движение шара в неограниченной жидкости, сила действующая на шар, – Течение Пуазейля, Коэффициент сопротивления трубы, – Течение Куэтта.

4. Пограничный слой

Теория пограничного слоя (П-слоя). Основные уравнения. Задача Блазиуса. Сопротивление трения. Толщина П - слоя, вытеснения.

5. Турбулентность

Турбулентные течения. Некоторые понятия устойчивости ламинарных течений. Задача на собственные значения.

Примерные темы докладов.

1. Криволинейные системы координат.
2. Эйлерово и лагранжево описание сплошной среды. Тензоры деформации
3. Поверхностные силы
4. Основные уравнения движения сплошной среды
5. Плоские потенциальные течения идеальной жидкости.
6. Осесимметричные и пространственные течения идеальной жидкости.

7. Нестационарное движение твердого тела в идеальной жидкости.
8. Стационарное движение вязкой несжимаемой жидкости.
9. Звуковые колебания сплошной среды
10. Газодинамические стационарные течения
11. Одномерные нестационарные течения идеального газа

Теоретический материал курса освещается в ходе лекций. В лекциях обсуждается как необходимый математический аппарат и теоретические аспекты алгоритмов, так и реальные примеры использования обсуждаемых методов из практики наиболее известных экспериментов в мировой науке. В ходе лекций поощряются вопросы слушателей, часть тем обсуждается в форме дискуссий. Материал всех лекций доступен в электронном виде. В ходе лекций широко используются компьютерные демонстрации. На занятиях также заслушиваются доклады обучающихся по заданным темам, сопровождающиеся уточняющими вопросами со стороны преподавателя и других обучающихся. Темы закрепляются в ходе самостоятельной работы обучающегося по решению задач с использованием рекомендованной литературы, а также в процессе научно-исследовательской деятельности.

Индивидуальная работа с преподавателем

Перечень работ	Объем, час
Обсуждение плана доклада по избранной теме, рекомендации преподавателя относительно литературных источников, которые можно использовать при подготовке доклада, индивидуальные консультации по ходу подготовки доклада.	8
Обсуждение задач, стоящих перед аспирантом в рамках его научно-исследовательской работы, и возможных способов их решения с привлечением методов структурного анализа.	8

Самостоятельная работа обучающихся

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Изучение проблемы в историческом аспекте с использованием лекций и обязательной литературы. Анализ периодической литературы за последние 5 лет, относящейся к теме доклада. Периодическая литература, имеющаяся в доступных полнотекстовых базах данных.	56
Подготовка доклада по одной тем семинаров, вынесенных на самостоятельную подготовку	28

5. Перечень учебной литературы

5.1 Основная литература

1. Сокольников И. С. Тензорный анализ (теория и применение в геометрии и в механике сплошных сред). Перевод с англ. Главная редакция физ.-мат. лит. Изд. М.: Наука, 1971.
2. Овсянников Л. В. Лекции по основам газовой динамики. Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003.

5.2 Дополнительная литература

3. Кочин Н. Е. Векторное исчисление и начала тензорного исчисления / Н.Е. Кочин; отв. ред. П.Я. Кочина. Изд. 10-е, [репр.] Москва: URSS : ЛЕНАНД, 2017. 426 с.: ил. ; 25 см

(Физико-математическое наследие, Физика (математическая физика)) ISBN 978-5-9710-3663-0.

4. Эглит М.Э. Лекции по основам механики сплошных сред: [для студентов 2-го курса отделения механики механико-математического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова] / М.Э. Эглит. Изд. 2-е, испр. Москва : URSS : ЛИБРОКОМ, 2010. 206, [1] с. : ил. ; 22 см. ISBN 978-5-397-01476-2.

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся

Размещение учебных материалов: http://itam.nsc.ru/education/base_chairs/aerophysics_nsu/
<https://github.com/the-mozart/tagd>

5. Киселев С.П. Сборник задач по теоретической аэрогидромеханике: Учебное пособие/Новосиб. гос. ун-т. – Новосибирск, 1993. – 122 с. <http://ns.itam.nsc.ru/lib/ecatalog/>
6. Эглит М.Э. Механика сплошных сред в задачах. Том 1: Теория и задачи. —М.: «Московский лицей», 1996. — 396 с. <http://ns.itam.nsc.ru/lib/ecatalog/>
7. Эглит М.Э. Механика сплошных сред в задачах. Том 2: Ответы и решения. —М.: «Московский лицей», 1996. — 394 с. <http://ns.itam.nsc.ru/lib/ecatalog/>
8. Нигматулин Р.И. Механика сплошной среды. Кинематика. Динамика. Термодинамика. Статистическая динамика. М.:ГЭОТАР-Медиа, 2014. <http://ns.itam.nsc.ru/lib/ecatalog/>
9. Кочин Н. Е., Кибель И. А., Розе Н. В. Теоретическая гидромеханика. М.:Гос. издат. физ.-мат. лит., 1963. <http://ns.itam.nsc.ru/lib/ecatalog/>
10. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газ: Учеб. для вузов.– 7-е изд., испр. М.:Дрофа, 2003 <http://ns.itam.nsc.ru/lib/ecatalog/>

Обучающийся в аспирантуре должен уметь самостоятельно осуществлять научный поиск литературы, необходимой при подготовке доклада по избранной теме.

Обучающиеся полностью обеспечены необходимой научной литературой за счет фондов библиотеки НГУ (<http://libra.nsu.ru/>). Обучающимся, проходящим практику в Институтах СО РАН, предоставляется доступ к информационным ресурсам на тех же основаниях, что и научным сотрудникам этих институтов на основании договоров о прохождении практической подготовки.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Освоение дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет;

Взаимодействие обучающегося с преподавателем (синхронное и (или) асинхронное) осуществляется через личный кабинет студента в ЭИОС.

7.1 Современные профессиональные базы данных:

1. Полнотекстовые журналы Springer Journals за 1997-2020 г., электронные книги (2005-2020 гг.), коллекция научных биомедицинских и биологических протоколов SpringerProtocols, коллекция научных материалов в области физических наук и инжиниринга SpringerMaterials, реферативная БД по чистой и прикладной математике zbMATH.

2. Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки (ЭБД РГБ).

3. Полнотекстовые электронные ресурсы Freedom Collection издательства Elsevier (Нидерланды) (23 предметные коллекции).
4. Электронные ресурсы Web of Science Core Collection (Thomson Reuters Scientific LLC.), Journal Citation Reports + ESI.
5. Электронные БД JSTOR (США). 15 предметных коллекций: Arts & Sciences I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, Life Sciences, Health & General Science, Mathematics & Statistics, Ecology & Botany, Language & Literature, Business I, II).
6. БД Scopus (Elsevier).

7.2. Информационные справочные системы

Не используются

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

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации;
2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

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

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине и индикаторов их достижения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы по дисциплине представлен в разделе 1.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль успеваемости:

Текущий контроль включает контроль посещаемости обучающимися еженедельных занятий, оценку их активности в ходе дискуссий и заключается в презентации аспирантом доклада по одному из разделов программы курса.

Промежуточная аттестация:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Теоретическая аэрогидродинамика для аспирантов» проводится по итогам завершения программы дисциплины в виде зачета, по результатам которого выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено». Оценка «зачтено» может быть выставлена по результатам текущего контроля, если в ходе представления самостоятельно подготовленного доклада и ответов на вопросы обучающийся продемонстрировал уровень сформированности компетенций не ниже порогового. Оценка «зачтено» является положительным результатом прохождения промежуточной аттестации. На зачете для дополнительной проверки сформированности отдельных компетенций обучающемуся могут быть заданы вопросы по пройденному материалу.

Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине Теоретическая аэрогидродинамика для аспирантов

Таблица 10.1

Код компетенции	Результат обучения по дисциплине	Оценочное средство
УК-1. Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях		Работа на лекционных занятиях Представление доклада Зачет
УК-1.1	Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности.	
УК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования.	
УК-5 Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития		Работа на лекционных занятиях Представление доклада Зачет
УК-5.1	Знать возможные направления профессиональной самореализации, владеть приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач.	
УК-5.2	Уметь выявлять и формулировать проблемы собственного профессионального развития, владеть приемами осознания собственных достижений с целью их совершенствования.	
УК-5.3	Обладать знаниями, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования.	
ОПК-1. Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий		Работа на лекционных занятиях Представление доклада Зачет
ОПК-1.1	Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности.	
ОПК-1.2	Уметь определять и применять современные научные методы	

	исследования и информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования.	
ОПК-1.3.	Владеть способностью составлять и оформлять научно-технической документацию, научные отчеты, обзоры, доклады и статьи.	
ПК-1. Способность построения теоретических моделей физических явлений и процессов в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.		Работа на лекционных занятиях Представление доклада Зачет
ПК-1.1	Знать теоретические основы, базовые понятия и модели построения теоретических моделей физических явлений и процессов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.	
ПК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.	
ПК-2. Способность к решению научных и практических задач в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.		Работа на лекционных занятиях Представление доклада Зачет
ПК-2.1	Знать физические основы базовых экспериментов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.	
ПК-2.2	Уметь определять и применять современные научные методы в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.	

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (не зачтено)	Пороговый уровень (зачтено)	Базовый уровень (зачтено)	Продвинутый уровень (зачтено)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	УК 1.1 УК 5.1 ОПК 1.1 ПК 1.1 ПК 2.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.

Наличие умений	УК 1.2 УК 5.2 ОПК 1.2 ПК 2.2	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки.	Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.
Наличие навыков (владение опытом)	УК 5.3 ОПК 1.3	Отсутствие владения материалом по темам/разделам дисциплины. Нет навыков в решении стандартных задач. Наличие грубых ошибок.	Имеется минимальный набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. Продемонстрированы знания по решению нестандартных задач.

Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Перечень вопросов к зачету по дисциплине «Теоретическая аэрогидродинамика для аспирантов»

1. Сплошная среда и параметры, которые описывают ее движение. Система координат. Координатная линия. Координатная поверхность. Криволинейная и прямолинейная системы координат. Примеры декартовой, цилиндрической и сферической систем координат и их соответствие.
2. Элементы тензорного исчисления. Основной базис системы координат. Метрический тензор. Метрика пространства. Свойства матрицы тензора метрики пространства. Ортогональная система координат. Инвариантность скаляра, вектора и тензора. Теоремы Стокса, Гаусса - Остроградского. Ротор вектора. Вектор вихря скорости. Дивергенция. Циркуляция.
3. Лагранжево и эйлерово описание движения сплошной среды. Траектории движения среды.
4. Понятие субстанциональной производной. Скорость и ускорение. Эвристический вывод уравнений Эйлера.
5. Запись уравнений Эйлера (уравнение неразрывности и движения) в лагранжевой системе координат.

6. Взаимно - однозначное соответствие между Э. и Л. описаниями сплошной среды при условии $D \neq 0, \infty$. Пример движения среды.
7. Градиенты деформаций и перемещений.
8. Дифференцирование по времени интеграла, взятого по подвижному объему.
9. Динамические уравнения механики сплошных сред. Закон сохранения массы для одно- и многокомпонентных сред. Учет диффузии. Несжимаемая среда.
10. Уравнения движения многокомпонентного газа с химическими реакциями. Тензор напряжений.
11. Основные уравнения для описания течения газа с учетом массовых сил.
12. Эвристический способ получения условий на УВ. Инвариантность условий относительно преобразования Галилея.
13. Условия на УВ для изотермического газа. Теорема Цемплена.
14. Определение параметров потока газа за УВ при известной ее скорости.
15. Неравновесная газодинамика. Основные уравнения. Классификация типов течений: равновесное, замороженное, полностью неравновесное. Замороженная и равновесная скорости звука. Условие возрастания энтропии, условие устойчивости
16. Вывод релаксационного уравнения для описания распространения звука в неравновесной среде. Предельные случаи распространения звука в замороженной и равновесной средах.
17. Решение задачи о распространении звука в равновесной, замороженной среде, как решение краевой задачи для гиперболического волнового уравнения.
18. Частное решение о распространении звука в неравновесной среде. Некоторые понятия теории диспергирующей среды. Дисперсионное соотношение, фазовая скорость, декремент затухания.
19. Задача о поршне в неравновесной среде. Затухание переднего фронта волны.
20. Математическая модель для описания течения смеси газа и мелких частиц. Основные уравнения.
21. Определение типа основной системы в одномерном нестационарном случае. Условия, определяющие тип системы.
22. Уравнения неизотермического течения аэросмеси. Определение функций силового и энергетического взаимодействия.
23. Односкоростное двухтемпературное течение аэрозвеси с учетом приведенной химической реакции.
24. Два типа течения: замороженное и равновесное. Условия на сильном разрыве.
25. Историческая справка по детонации гомогенных и гетерогенных сред.
26. Условие Чепмена-Жуге. Пересжатый и недосжатый режимы.
27. Течения реального газа. Математическая модель течения смеси газов.
28. Уравнения сохранения массы компонентов с учетом диффузии и химических реакций. интегральная и дифференциальные формы. Сумма источников членов равна нулю.
29. Уравнения сохранения импульса и энергии смеси в целом.
30. Уравнение состояния для смеси газов. Закон Дальтона.
31. Экстенсивные и интенсивные переменные.
32. Смесь термически совершенных газов.
33. Отличия гомогенные смесей от гетерогенных.
34. Тепловыделение от неравновесных превращений.
35. Понятие химического потенциала.
36. Производство энтропии для реагирующих и диффундирующих течений.

37. Определяющие соотношения для бинарной смеси.

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский
государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)

Физический факультет

Кафедра аэрофизики и газовой динамики



Согласовано, декан ФФ

Бондарь А.Е.

подпись

«04» 10

2020 г.

КАНДИДАТСКИЙ ЭКЗАМЕН

Модуль

«Механика жидкости, газа и плазмы»

направление подготовки: 03.06.01 Физика и астрономия

Курс 3, семестр 6

профиль

Механика жидкости, газа и плазмы

Форма обучения: **очная**

Разработчик:

д.ф.-м.н., академик РАН В.М. Фомин

Заведующий кафедрой АФГД ФФ

д.ф.-м.н., академик РАН В.М. Фомин

Новосибирск 2020

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по модулю, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы -----	57
2. Место модуля в структуре образовательной программы -----	58
3. Трудоемкость модуля в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося -----	58
4. Содержание модуля, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий -----	59
5. Перечень учебной литературы -----	59
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся	60
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения модуля -----	60
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по модулю -----	60
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине -----	61
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине -----	61

1.Перечень планируемых результатов обучения по модулю, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В рамках промежуточной аттестации (сдачи кандидатского экзамена) по модулю «Механика жидкости, газа и плазмы» проводится оценка универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций (портфолио), полученных в рамках прохождения дисциплин «Механика жидкости, газа и плазмы для аспирантов», «Теплофизика и теоретические основы теплообмена для аспирантов» и «Теоретическая аэрогидродинамика для аспирантов», направленные на подготовку к сдаче кандидатского экзамена по профилю «Механика жидкости, газа и плазмы», а также порядок подготовки к сдаче и проведения кандидатского экзамена по профилю «Механика жидкости, газа и плазмы». В состав портфолио входят перечень и презентации докладов, подготовленных обучающимся самостоятельно в рамках освоения дисциплин модуля.

Код	Компетенции, формируемые в рамках дисциплины
УК-1. Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	
УК-1.1	Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности.
УК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования.
УК-5 Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития	
УК-5.1	Знать возможные направления профессиональной самореализации, владеть приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач.
УК-5.2	Уметь выявлять и формулировать проблемы собственного профессионального развития, владеть приемами осознания собственных достижений с целью их совершенствования.
УК-5.3	Обладать знаниями, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования.
ОПК-1. Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	
ОПК-1.1	Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности.
ОПК-1.2	Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования.
ОПК-1.3.	Владеть способностью составлять и оформлять научно-технической документацию, научные отчеты, обзоры, доклады и статьи.

ПК-1. Способность построения теоретических моделей физических явлений и процессов в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.	
ПК-1.1	Знать теоретические основы, базовые понятия и модели построения теоретических моделей физических явлений и процессов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.
ПК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.
ПК-2. Способность к решению научных и практических задач в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.	
ПК-2.1	Знать физические основы базовых экспериментов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.
ПК-2.2	Уметь определять и применять современные научные методы в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования

2. Место модуля в структуре образовательной программы

Дисциплины (практики), изучение которых необходимо для освоения модуля Механика жидкости, газа и плазмы:

1. Механика жидкости, газа и плазмы для аспирантов
- 2.1 Теплофизика и теоретические основы теплообмена для аспирантов
- 2.2 Теоретическая аэрогидродинамика для аспирантов

Дисциплины (практики), для изучения которых необходимо освоение модуля Механика жидкости, газа и плазмы:

Подготовка научно-квалификационной работы (диссертации);

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена;

Представление научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации).

3. Трудоемкость модуля в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)					Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем				Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Индивидуальная работа с преподавателем/ Консультации в период занятий			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Кандидатский экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3-6	396	128	24		16	184	32	2	8		2
Всего 396 часов /11 зачетных единиц из них: - контактная работа 180 часов - в интерактивных формах 40 часов											
Компетенции: УК-1, УК-5, ОПК-1, ПК-1, ПК-2											

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

№ п/п	Раздел модуля	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Консультации перед экзаменом (в часах)	Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы			Сам. работа во время занятий (не включая период сессии)	Сам. работа во время промежуточной аттестации		
				Лекции	Практические занятия	Индивидуальная работа с преподавателем / Консультации в период занятий				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.	Б.1.В. ОД.									
1.1.	Механика жидкости, газа и плазмы для аспирантов	5-6	180	64	12		100			4
2	Б.1.В. ВД.									
2.1.	Теплофизика и теоретические основы теплообмена для аспирантов	3-4	180	64	12	22	78			4
2.2.	Теоретическая аэрогидродинамика для аспирантов	3-4	180	64	12	16	84			4
3.	Кандидатский экзамен	6	36					32	2	2
Всего			396	128	24	16	184	32	2	10
Общий объем контактной работы составляет 180 часов, в интерактивных формах – 40 часов										

5. Перечень учебной литературы

5.1 Основная литература

1. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Механика" / Л.Г. Лойцянский Изд. 5-е, перераб. Москва: Наука, 1978, 736 с.
2. Черный Г.Г. Газовая динамика: учебник для студентов высших учебных заведений / Г.Г. Черный Москва: Наука, 1988 424 с.: ил.; 22 см. ISBN 5-02-013814-2.
3. Куликовский А.Г., Любимов Г.А. Магнитная гидродинамика. М.: Физматгиз, 1962.
4. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя / Г. Шлихтинг, Пер. Г.А. Вольперта с 5-го нем. изд., испр. по 6-му (амер.) изд; Под ред. Л.Г. Лойцянского М.: Наука, 1974 711 с.

5.2 Дополнительная литература

5. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика: учебник для втузов / Г.Н. Абрамович 4-е изд., перераб Москва : Наука, 1976 888 с.
6. Механика сплошных сред в задачах. Т. 1, 2 / Г.Я. Галин, А.Н. Голубятников, Я.А. Каменярж и др. М.: Московский лицей, 1996.

7. Уизем Дж. Линейные и нелинейные волны / Дж. Уизем; пер. с англ. В.В. Жаринова; под ред. А.Б. Шабата Москва: Мир, 1977, 622 с..
8. Прандтль Л. Гидроаэромеханика / Л. Прандтль; пер. с нем. Г.А. Вольперта Изд. 2-е, испр. и доп. Москва: Иностран. лит., 1951, 575 с..

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся

9. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Механика сплошных сред. 2-е изд. М.: Гостехтеориздат, 1954. <http://ns.itam.nsc.ru/lib/ecatalog/>
10. Слезкин Н.А. Динамика вязкой несжимаемой жидкости. М.: Гос. изд-во физ.-тех. лит-ры, 1955. <http://ns.itam.nsc.ru/lib/ecatalog/>
11. Чарный И.А. Подземная гидрогазодинамика. М.: Гостоптехиздат, 1963. <http://ns.itam.nsc.ru/lib/ecatalog/>

Обучающиеся полностью обеспечены необходимой научной литературой за счет фондов библиотеки НГУ (<http://libra.nsu.ru/>). Обучающимся, проходящим практику в Институтах СО РАН, предоставляется доступ к информационным ресурсам на тех же основаниях, что и научным сотрудникам этих институтов на основании договоров о прохождении практической подготовки.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения модуля

Освоение дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

Взаимодействие обучающегося с преподавателем (синхронное и (или) асинхронное) осуществляется через личный кабинет студента в ЭИОС.

7.1 Современные профессиональные базы данных:

1. Полнотекстовые журналы Springer Journals за 1997-2020 г., электронные книги (2005-2020 гг.), коллекция научных биомедицинских и биологических протоколов SpringerProtocols, коллекция научных материалов в области физических наук и инжиниринга SpringerMaterials, реферативная БД по чистой и прикладной математике zbMATH.
2. Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки (ЭБД РГБ).
3. Полнотекстовые электронные ресурсы Freedom Collection издательства Elsevier (Нидерланды) (23 предметные коллекции).
4. Электронные ресурсы Web of Science Core Collection (Thomson Reuters Scientific LLC.), Journal Citation Reports + ESI.
5. Электронные БД JSTOR (США). 15 предметных коллекций: Arts & Sciences I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, Life Sciences, Health & General Science, Mathematics & Statistics, Ecology & Botany, Language & Literature, Business I, II).
6. БД Scopus (Elsevier).

7.2. Информационные справочные системы

Не используется

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по модулю

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для реализации дисциплин по модулю используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации;
2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

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

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете.

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Перечень планируемых результатов обучения по модулю и индикаторов их достижения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы по дисциплине представлен в разделе 1.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по модулю

Текущий контроль успеваемости:

Текущий контроль успеваемости по модулю «Механика жидкости, газа и плазмы» представляет собой контроль результатов освоения дисциплин, входящих в состав модуля: «Механика жидкости, газа и плазмы для аспирантов», «Теплофизика и теоретические основы теплообмена для аспирантов» и «Теоретическая аэрогидродинамика для аспирантов» и осуществляется в форме презентации аспирантом доклада по одному из разделов программы дисциплины.

Промежуточная аттестация:

Промежуточная аттестация проводится в форме кандидатского экзамена. Кандидатский экзамен проводится по программе, соответствующей примерной программе, утвержденной Министерством образования и науки Российской Федерации.

Для приема кандидатского экзамена создается комиссия по приему кандидатских экзаменов (экзаменационная комиссия), состав которой утверждается приказом ректора НГУ. Состав экзаменационной комиссии формируется из числа научно-педагогических работников (в том числе работающих по совместительству) НГУ в количестве не более 5 человек, и включает в себя председателя, заместителя председателя и членов экзаменационной комиссии.

В состав экзаменационной комиссии могут включаться научно-педагогические

работники других организаций.

Для оценивания знаний обучающегося в рамках проведения кандидатского экзамена используются следующие оценочные средства:

1. Портфолио - целевая подборка работ студентов, раскрывающая его индивидуальные образовательные достижения в одной или нескольких учебных дисциплинах;

2. Экзаменационный билет - комплекс вопросов и задач.

Кандидатский экзамен проводится экзаменационной комиссией по билетам (программам), утверждаемым деканом физического факультета НГУ. Для подготовки экзаменуемый использует листы ответа, которые хранятся в деле обучающегося вместе с протоколом экзамена.

В случае неявки экзаменуемого на кандидатский экзамен по уважительной причине (при наличии подтверждающих документов) он может быть допущен приказом ректора к сдаче кандидатского экзамена в течение текущего периода приема экзаменов.

В случае получения неудовлетворительной оценки пересдача кандидатского экзамена в течение текущего периода приема экзаменов не допускается. Пересдача кандидатского экзамена с положительной оценки на другую положительную оценку не допускается. Оценка уровня знаний экзаменуемого определяется экзаменационными комиссиями по пятибалльной шкале.

Оценка выставляется простым большинством голосов членов экзаменационной комиссии. При равенстве голосов решающей считается оценка председателя.

Экзаменуемым может быть в двухдневный срок подана апелляция ректору о несогласии с решением экзаменационной комиссии.

Экзаменационная комиссия по приему кандидатского экзамена по специальной дисциплине правомочна принимать кандидатский экзамен по специальной дисциплине, если в ее заседании участвуют не менее 3 специалистов, имеющих ученую степень кандидата или доктора наук по научной специальности, соответствующей специальной дисциплине, в том числе не менее одного доктора наук.

Решение экзаменационной комиссии оформляется протоколом, в котором указываются, в том числе, код и наименование направления подготовки, по которой сдавались кандидатские экзамены; шифр и наименование научной специальности, наименование отрасли науки, по которой подготавливается научно-квалификационная работа (диссертация).

Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по модулю Механика жидкости, газа и плазмы

Таблица 10.2 Критерии оценки сформированности компетенций¹ в рамках промежуточной аттестации по модулю

Шифр компетенций	Структурные элементы оценочных средств	Показатель сформированности	Не сформирован	Пороговый уровень	Базовый уровень	Продвинутый уровень
УК - 1	Портфолио (презентация), устное сообщение	Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности. (УК-1.1) Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования. (УК-1.2)	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки. Отсутствуют умения при решении поставленных задач.	Минимально допустимый уровень знаний. Допускается значительное количество негрубых ошибок. Наличие минимального уровня умений при решении поставленных задач.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок либо не полностью отвечает на дополнительные вопросы. Демонстрирует умения при решении поставленных задач.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы. Демонстрирует умения при решении поставленных задач на высоком уровне.
УК -5	Портфолио (презентация), устное сообщение	Знать возможные направления профессиональной самореализации, владеть приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки. Отсутствуют умения при	Минимально допустимый уровень знаний. Допускается значительное количество негрубых	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины.

¹ Выбор показателя сформированности компетенции (укрупненной характеристики компетенции) из представленных для оценки осуществляется случайным образом

		<p>профессионально-значимых задач. (УК-5.1). Уметь выявлять и формулировать проблемы собственного профессионального развития, владеть приемами осознания собственных достижений с целью их совершенствования. (УК-5.2). Обладать знаниями, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования. (УК-5.3).</p>	<p>выявлении и формулировке проблемы собственного профессионального развития. Отсутствуют навыки владения приемами выполнения научных исследований на современном мировом уровне.</p>	<p>ошибок. Наличие минимального уровня умений при выявлении и формулировке проблемы собственного профессионального развития. Наличие минимального уровня владения приемами выполнения научных исследований на современном мировом уровне</p>	<p>Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок либо не полностью отвечает на дополнительные вопросы. Демонстрирует умения при выявлении и формулировке проблемы собственного профессионального развития. Демонстрирует навыки владения приемами выполнения научных исследований на современном мировом уровне</p>	<p>Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы. На высоком уровне демонстрирует умения при выявлении и формулировке проблемы собственного профессионального развития. На высоком уровне демонстрирует навыки владения приемами выполнения научных исследований на современном мировом уровне</p>
ОПК - 1	<p>Портфолио (презентация), устное сообщение</p>	<p>Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности. (ОПК-1.1). Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные</p>	<p>Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки. Отсутствуют умения при определении применения современных научных методов исследования и информационно-</p>	<p>Минимально допустимый уровень знаний. Допускается значительное количество негрубых ошибок. Наличие минимального уровня умений при определении применения</p>	<p>Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок либо не отвечает на дополнительные вопросы.</p>	<p>Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.</p>

		<p>технологии в зависимости от специфики объекта исследования (ОПК-1.2). Владеть способностью составлять и представлять научные обзоры, доклады (ОПК-1.3).</p>	<p>коммуникационные технологий. Доклад не последователен, не ясна суть работы</p>	<p>современных научных методов исследования и информационно-коммуникационные технологии. Доклад не в полной мере отражает суть работы, нарушена последовательность</p>	<p>Минимально допустимый уровень знаний. Допускается значительное количество негрубых ошибок. Демонстрирует умения при определении применения современных научных методов исследования и информационно-коммуникационные технологий. Доклад отражает суть работы, но нарушена последовательность</p>	<p>На высоком уровне демонстрирует умения при определении применения современных научных методов исследования и информационно-коммуникационные технологий. Доклад отражает суть работы, последователен.</p>
ПК-1	Вопрос категории 1 экзаменационного билета	<p>Знать теоретические основы, базовые понятия и модели построения теоретических моделей физических явлений и процессов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования (ПК-1.1) Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования. (ПК-1.2).</p>	<p>Не демонстрирует либо демонстрирует отдельные несвязанные знания и умения в профессиональной области деятельности</p>	<p>Демонстрирует общие знания и умения базовых понятий в профессиональной области деятельности</p>	<p>Демонстрирует хорошие знания и умения базовых понятий в профессиональной области деятельности, но допускает некоторые несущественные ошибки, неточности в формулировках</p>	<p>Демонстрирует углубленные знания и умения базовых понятий и моделей в профессиональной области деятельности</p>

ПК-2	Вопрос категории 2 экзаменационного билета	Знать физические основы базовых экспериментов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования. (ПК-2.1) Уметь определять и применять современные научные методы в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования. (ПК-2.2)	Не владеет (знания, умения) основными физическими понятиями и законами в профессиональной области деятельности	Владеет базовыми (знания, умения) понятиями в профессиональной области деятельности	Владеет (знания, умения) всеми понятиями, в профессиональной области деятельности, и понимает их взаимосвязь, но допускает некоторые несущественные ошибки, неточности в формулировках	Свободно владеет (знания, умения) всеми понятиями, в профессиональной области деятельности, понимает их взаимосвязь и границы применимости
------	--	--	--	---	--	--

Критерии выставления оценок по результатам промежуточной аттестации по модулю

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается комиссией. Каждая решённая задача и каждый вопрос категории оценивается от 2 до 5 баллов. Соответствие уровня сформированности компетенции и оценки определяются следующим образом: не сформирована - 2 балла («неудовлетворительно»), пороговый уровень - 3 балла («удовлетворительно»), базовый уровень - 4 балла («хорошо») и продвинутый уровень - 5 баллов («отлично»).

Положительная оценка (3 балла и выше) ставится, когда все компетенции освоены не ниже порогового уровня. Для получения положительной оценки необходимо продемонстрировать пороговый уровень при решении не менее двух задач из разных категорий. Если решено более двух задач из разных категорий, при дальнейшем расчете итоговой оценки учитывают два лучших результата решения задач из разных категорий.

Итоговая оценка за кандидатский экзамен выставляется комиссией как среднее арифметическое баллов, полученных за решение задач и за ответы на вопросы с округлением по математическим правилам. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

Оценка	Критерии выставления оценки (содержательная характеристика)
«неудовлетворительно» (уровень компетенций не сформирован)	Аспирант не владеет теоретическим материалом, допуская грубые ошибки, испытывает затруднения в формулировке основных понятий в профессиональной области, не демонстрирует либо демонстрирует отдельные несвязанные знания
«удовлетворительно» (сформирован пороговый уровень компетенций)	Аспирант демонстрирует общие знания базовых понятий и моделей в профессиональной области, критичных для понимания основных явлений и экспериментов, но допускает существенные ошибки по содержанию рассматриваемых (обсуждаемых) вопросов
«хорошо» (сформирован базовый уровень компетенций)	Аспирант в основном демонстрирует углубленные знания базовых понятий, моделей, теорий, свободно владеет всеми основными разделами современной физики в профессиональной области, но допускает незначительные ошибки при ответах на дополнительные вопросы
«отлично» (сформирован продвинутый уровень компетенций)	Аспирант демонстрирует углубленные знания базовых понятий, моделей, гипотез и концепций, свободно владеет всеми основными разделами современной механики жидкости, газа и плазмы

Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

1. Форма экзаменационного билета и перечень экзаменационных задач и вопросов.

Форма экзаменационного билета представлена в таблице 1.1.

Таблица 1.1.

<p>Новосибирский государственный университет</p> <p>Кандидатский экзамен</p> <p>_____</p> <p style="text-align: center;">наименование модуля</p> <p>_____</p> <p style="text-align: center;">наименование образовательной программы</p> <p>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №</p> <p>1. Вопрос категории 1. 2. Вопрос категории 2. 3. Вопрос из категории 3</p> <p>Составитель: _____ И. О. Фамилия (подпись)</p> <p>Ответственный за образовательную программу: _____ И. О. Фамилия (подпись)</p> <p>« ____ » _____ 20 г.</p>

Примерный перечень вопросов экзамена, структурированный по категориям, представлен в таблице 1.2

Таблица 1.2

Категория	Формулировка вопроса
Категория 1	Система определяющих параметров для выделенного класса явлений. Основные и производные единицы измерения. Формула размерностей. П-теорема. Примеры приложений. Определение физического подобия. Моделирование. Критерии подобия. Числа Эйлера, Маха, Фруда, Рейнольдса, Струхала, Прандтля.
	Понятие сплошной среды. Микроскопические, статистические и макроскопические феноменологические методы описания свойств, взаимодействий и движений материальных сред. Области приложения механики жидкости, газа и плазмы.
	Определения и свойства кинематических характеристик движения: перемещения, траектории, скорость, линии тока, критические точки, ускорение, тензор скоростей деформации и его инварианты, вектор вихря, потенциал скорости, циркуляция скорости, установившееся и неустановившееся движение среды. Кинематические свойства вихрей.
	Закон сохранения массы. Уравнение неразрывности в переменных Эйлера и Лагранжа. Условие несжимаемости. Многокомпонентные смеси. Потoki

<p>диффузии. Уравнения неразрывности в форме Эйлера для многокомпонентных смесей. Массовые и поверхностные, внутренние и внешние силы.</p>
<p>Законы сохранения количества движения и моментов количества движения для конечных масс сплошной среды. Дифференциальные уравнения движения и момента количества движения сплошной среды. Работа внутренних поверхностных сил. Кинетическая энергия и уравнение живых сил для сплошной среды в интегральной и дифференциальной формах. Понятие о параметрах состояния, пространстве состояний, процессах и циклах.</p>
<p>Закон сохранения энергии, внутренняя энергия. Уравнение притока тепла. Вектор потока тепла. Дифференциальные уравнения энергии и притока тепла. Законы теплопроводности Фурье.</p>
<p>Различные частные процессы: адиабатический, изотермический и др. Обратимые и необратимые процессы. Совершенный газ. Цикл Карно. Второй закон термодинамики. Энтропия и абсолютная температура.</p>
<p>Модель идеальной жидкости. Уравнения Эйлера. Полные системы уравнений для идеальной, несжимаемой и сжимаемой жидкостей. Начальные и граничные условия.</p>
<p>Теорема Томсона и динамические теоремы о вихрях. Возникновение вихрей. Теорема Бьеркнеса.</p>
<p>Модель вязкой жидкости. Линейно-вязкая (ньютоновская) жидкость. Уравнения Навье-Стокса. Полные системы уравнений для вязкой несжимаемой и сжимаемой жидкостей. Начальные и граничные условия. Диссипация энергии в вязкой теплопроводной жидкости.</p>
<p>Поверхности слабых и сильных разрывов. Разрывы сплошности. Условия на поверхностях сильного разрыва в материальных средах и в электромагнитном поле. Тангенциальные разрывы и ударные волны.</p>
<p>Кинематическая задача о произвольном движении твердого тела в неограниченном объеме идеальной несжимаемой жидкости. Энергия, количество движения и момент количества движения жидкости при движении в ней твердого тела. Движение сферы в идеальной жидкости. Силы воздействия идеальной жидкости на тело, движущееся в безграничной массе жидкости. Основы теории присоединенных масс. Парадокс Даламбера.</p>
<p>Плоские движения идеальной жидкости. Функция тока. Применение методов теории аналитических функций комплексного переменного для решения плоских задач гидродинамики и аэродинамики. Стационарное обтекание жидкостью цилиндра и профиля.</p>
<p>Определение поля скоростей по заданным вихрям и источникам. Формулы Био-Савара. Прямолинейный и кольцевой вихри. Законы распределения давлений, силы, обуславливающие вынужденное движение прямолинейных вихрей в плоском потоке. Постановка задачи и основные результаты теории крыла конечного размаха. Несущая линия и несущая поверхность.</p>
<p>Постановка задачи Коши-Пуассона о волнах на поверхности тяжелой несжимаемой жидкости. Гармонические волны. Фазовая и групповая скорость. Дисперсия волн. Перенос энергии прогрессивными волнами. Теория мелкой воды. Уравнения Буссинеска и Кортевега-де-Вриза. Нелинейные волны. Солитон.</p>
<p>Ламинарный пограничный слой. Задача Блазиуса. Интегральные соотношения и основанные на их использовании приближенные методы в теории ламинарного пограничного слоя. Явление отрыва пограничного слоя.</p>

	Устойчивость пограничного слоя. Теплообмен с потоком на основе теории пограничного слоя.
	Турбулентность. Опыт Рейнольдса. Уравнения Рейнольдса. Турбулентный перенос тепла и вещества. Полуэмпирические теории турбулентности. Профиль скорости в пограничном слое. Логарифмический закон. Прямое численное решение уравнений гидромеханики при наличии турбулентности.
	Свободная и вынужденная конвекция. Приближение Буссинеска. Линейная неустойчивость подогреваемого плоского слоя и порог возникновения конвекции. Понятие о странном аттракторе. Движение жидкости и газа в пористой среде. Закон Дарси. Система дифференциальных уравнений подземной гидрогазодинамики. Неустановившаяся фильтрация газа. Примеры точных автомодельных решений.
	Электромагнитное поле. Уравнения Максвелла в пустоте. Взаимодействие электромагнитного поля с проводниками. Сила Лоренца. Закон сохранения полного заряда. Закон Ома. Среды с идеальной проводимостью. Вектор и уравнение Умова—Пойнтинга. Джоулево тепло. Уравнения импульса и притока тепла для проводящей среды.
Категория 2	Системы отсчета и системы координат. Лагранжевы и эйлеровы координаты. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета в ньютоновской механике.
	Уравнения магнитной гидродинамики. Условия вмороженности магнитного поля в среду. Понятие о поляризации и намагничивании жидкостей.
	Механические модели, теоретическая схематизация и постановка задач, экспериментальные методы исследований. Основные исторические этапы в развитии механики жидкости и газа.
	Точки зрения Эйлера и Лагранжа при изучении движения сплошных сред.
	Применение интегральных соотношений к конечным объемам среды при установившемся движении. Теория реактивной тяги и теория идеального пропеллера.
	Распространение малых возмущений в сжимаемой жидкости. Волновое уравнение. Скорость звука. Запаздывающие потенциалы. Эффект Допплера. Конус Маха.
	Уравнения газовой динамики. Характеристики. Влияние сжимаемости на форму трубок тока при установившемся движении. Элементарная теория сопла Лавалья.
	Одномерные неустановившиеся движения газов с плоскими, цилиндрическими и сферическими волнами. Автомодельные движения и классы соответствующих задач. Задачи о поршне и о сильном взрыве в газе.
	Равновесие жидкости и газа в поле потенциальных массовых сил. Закон Архимеда. Равновесие и устойчивость плавающих тел и атмосферы.
	Формулы Чаплыгина и теорема Жуковского. Правило Жуковского и Чаплыгина определения циркуляции вокруг крыльев с острой задней кромкой. Теория волн детонации и горения. Правило Жуге и его обоснование.
	Нестационарное обтекание профилей. Плоские задачи о струйных течениях жидкости. Обтекание тел с отрывом струй. Схемы Кирхгофа, Эфроса и др.
	Линейная теория обтекания тонких профилей и тел вращения.

	Течения с гиперзвуковыми скоростями. Метод нестационарной и взрывной аналогии. Закон сопротивления Ньютона.
	Адиабата Гюгонио. Теорема Цемплена.
	Косой скачок уплотнения. Обтекание сверхзвуковым потоком газа клина и конуса. Понятие об обтекании тел газом с отошедшей ударной волной.
	Плоские стационарные сверхзвуковые течения газа. Течение Прандтля-Майера.
	Волны Римана. Эффект опрокидывания волн. Метод характеристик. Эволюционные и неэволюционные разрывы. Задача о структуре сильного разрыва. Качественное описание решения задачи о распаде произвольного разрыва.
	Ламинарное движение несжимаемой вязкой жидкости. Течения Куэтта и Пуазейля. Течение вязкой жидкости в диффузоре.
	Интегралы Бернулли и Коши-Лагранжа. Явление кавитации.
	Приближения Стокса и Озеена. Задача о движении сферы в вязкой жидкости в постановке Стокса.
Категория 3	Теория трубки Пито-Прандтля.
	Теория теневых методов визуализации газодинамических течений.
	Лазер-доплеровский метод измерения скоростей.
	Методы трековых частиц и принцип работы PIV-метода измерения поля скоростей.
	Методы измерения тепловых потоков к поверхности.
	Методы создания искусственных возмущений в пограничном слое.
	Метод лазерного ножа.
	Принцип работы и типы термоанемометров.
	Теория ударной трубы.
Методы ускорения потока в аэродинамических установках. Типы сопел.	

Набор экзаменационных билетов формируется и утверждается в установленном порядке в начале учебного года при наличии контингента обучающихся, осваивающих модуль «Механика жидкости, газа и плазмы» в текущем учебном году.

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по модулю требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

