

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 физики неравновесных процессов



Согласовано, декан ФФ

Бондарь А.Е.

подпись
 «07» 10 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ
 «Теплофизика и теоретическая теплотехника»

направление подготовки: 03.06.01 Физика и астрономия

Курс 2, семестр 3-4

профиль

Теплофизика и теоретическая теплотехника

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	Зачет	Дифференцированный зачет	Кандидатский экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3-4	360	128	24		38	126	32	2	8		2
Всего 360 часов /10 зачетных единиц из них: - контактная работа 202 часа - в интерактивных формах 62 часа											
Компетенции: УК-1, УК-5, ОПК-1, ПК-1, ПК-2											

Разработчик:

д.ф.-м.н., профессор С.И. Лежнин

Заведующий кафедрой ФНП ФФ

д.ф.-м.н., академик РАН С.В. Алексеенко

Ответственный за образовательную программу:

д.ф.-м. н., проф. С.В. Цыбуля

Новосибирск, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация к рабочей программе модуля «Теплофизика и теоретическая теплотехника»....	3
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ Теплофизика и теоретическая теплотехника для аспирантов	5
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ Механика жидкости и газа для аспирантов.	22
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ Теоретическая аэрогидродинамика для аспирантов.....	43
КАНДИДАТСКИЙ ЭКЗАМЕН Модуль «Теплофизика и теоретическая теплотехника» ...	60

Аннотация

к рабочей программе модуля «Теплофизика и теоретическая теплотехника»

Направление: **03.06.01 Физика и астрономия**

Направленность (профиль): Теплофизика и теоретическая теплотехника

Рабочая программа по модулю «Теплофизика и теоретическая теплотехника» 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 «Теплофизика и теоретическая теплотехника». Модуль включает в себя рабочие программы дисциплин «Теплофизика и теоретические основы теплообмена для аспирантов», «Механика жидкости и газа для аспирантов» или «Теоретическая аэрогидродинамика для аспирантов» направленные на подготовку к сдаче кандидатского экзамена по профилю «Теплофизика и теоретическая теплотехника», а также порядок подготовки к сдаче и проведения кандидатского экзамена по профилю «Теплофизика и теоретическая теплотехника».

Основная цель входящих в состав модуля дисциплин – аспирантов с последними научными достижениями в области современной физики, а также теплофизики и теоретической теплотехники и практика презентации собственных научных результатов перед квалифицированной аудиторией.

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 «Теплофизика и теоретическая теплотехника» реализуется с третьего по четвертый семестры включительно (второй курс аспирантуры).

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, самостоятельная подготовка обучающихся.

Текущий контроль успеваемости обеспечивается контролем посещения занятий, сдачей задач и представлением докладов.

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. Теплофизика и теоретические основы теплообмена для аспирантов - 180 часов/5 зачетных единиц.
 - 2.1 Механика жидкости и газа 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 физики неравновесных процессов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Теплофизика и теоретическая теплотехника для аспирантов

направление подготовки: 03.06.01 Физика и астрономия

Курс 2, семестр 3-4

профиль

Теплофизика и теоретическая теплотехника

Форма обучения: **очная**

Разработчик:

д.ф.-м.н., профессор С.И. Лежнин



Заведующий кафедрой ФНП ФФ

д.ф.-м.н., академик РАН С.В. Алексеенко



Новосибирск 2020

Содержание

Аннотация к рабочей программе дисциплины «Теплофизика и теоретическая теплотехника 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.....	12
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.....	12
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.....	13
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	14
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	14
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.....	15

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).

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 «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										
1.	1-е и 2-е начала термодинамики и элементы статистической физики	1-4	18	8			10			
2.	Термодинамические системы с фазовыми переходами и термодинамика потоков	5-8	18	8			10			
3.	Циклы тепловых машин.	9-12	18	8			10			
4.	Паротурбинные установки, машины обратного цикла и установки прямого преобразования теплоты в электроэнергию	13-16	18	8			10			
5.	Научные доклады обучающихся по тематикам их научных исследований	1-16	34		6	14	14			
6.	Зачет	17	2							2
7.	Всего по семестру		108	32	6	14	54			2
4 семестр										
1.	Элементы теории флуктуаций и случайных процессов	1-4	12	8			4			
2.	Конвективный теплообмен. Основные положения.	5-8	12	8			4			

3.	Теплообмен при фазовых превращениях.	9-12	12	8			4			
4.	Конвективный перенос в многокомпонентных средах.	13-16	12	8			4			
5.	Научные доклады обучающихся по тематикам их научных исследований	1-16	22		6	8	8			
6.	Зачет	17	2							2
7.	Всего по семестру		72	32	6	8	24			2
8.	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-Х)
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-Х)
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:

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.

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		
УК-1.1	Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности.	Работа на занятиях Представление 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		
УК-5.1	Знать возможные направления профессиональной самореализации, владеть приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач.	Работа на занятиях Представление доклада Зачет
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 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 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 Лаваля.
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 физики неравновесных процессов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Механика жидкости и газа для аспирантов
направление подготовки: 03.06.01 Физика и астрономия
Курс 2, семестр 3-4
профиль
Теплофизика и теоретическая теплотехника

Форма обучения: **очная**

Разработчик:
д.ф.-м.н. Н.И. Яворский



Заведующий кафедрой ФНП ФФ
д.ф.-м.н., академик РАН С.В. Алексеенко



Новосибирск 2020

Содержание

Аннотация к рабочей программе дисциплины «Механика жидкости и газа для аспирантов».....	22
Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	22
1.Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	24
2.Место дисциплины в структуре образовательной программы	25
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	25
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.....	26
5. Перечень учебной литературы	28
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся	28
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	29
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	29
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	30
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.....	30

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

Дисциплина «Механика жидкости и газа 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 «Механика жидкости и газа 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 «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.

Перечень основных разделов дисциплины: Кинематика сплошных сред. Основные понятия и уравнения динамики и термодинамики. Модели жидких и газообразных сред. Поверхности разрыва в течениях жидкости, газа и плазмы. Гидростатика. Движение идеальной несжимаемой жидкости. Движение вязкой жидкости. Теория пограничного слоя. Турбулентность. Движение сжимаемой жидкости. Газовая динамика. Электромагнитные явления в жидкостях. Физическое подобие, моделирование.

Основными задачами, стоящими при изучении данной дисциплины, является углубленное изучение теоретических вопросов современной механики жидкости и газа, развитие практических навыков решения задач в данной области. Особое внимание уделено описанию течений жидкости и газа с доминирующим влиянием диссипативных эффектов, вызванных наличием вязкости. Дается представление об основных методах решения задач, важных для практического использования.

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 «Механика жидкости и газа 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 «Механика жидкости и газа 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 «Теплофизика и теоретическая теплотехника».

Перечень основных разделов дисциплины: Кинематика сплошных сред. Основные понятия и уравнения динамики и термодинамики. Модели жидких и газообразных сред. Поверхности разрыва в течениях жидкости, газа и плазмы. Гидростатика. Движение идеальной несжимаемой жидкости. Движение вязкой жидкости. Теория пограничного слоя. Турбулентность. Движение сжимаемой жидкости. Газовая динамика. Электромагнитные явления в жидкостях. Физическое подобие, моделирование.

Основными задачами, стоящими при изучении данной дисциплины, является углубленное изучение теоретических вопросов современной механики жидкости и газа, развитие практических навыков решения задач в данной области. Особое внимание уделено описанию течений жидкости и газа с доминирующим влиянием диссипативных эффектов, вызванных наличием вязкости. Дается представление об основных методах решения задач, важных для практического использования.

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 Механика жидкости и газа 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 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		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.	Вводные положения	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	11-12	13	5			8			
6.	Гидростатика	13-16	13	5			8			
7.	Научные доклады обучающихся по тематикам их научных исследований	1-16	26		6	8	12			
8.	Зачет	17	2							2
9.	Всего по семестру		108	32	6	8	60			2
4 семестр										
1.	Движение идеальной несжимаемой жидкости	1-4	11	8			3			

2.	Движение вязкой жидкости. Теория пограничного слоя. Турбулентность	5-8	9	6			3			
3.	Движение сжимаемой жидкости. Газовая динамика	9-11	9	6			3			
4.	Электромагнитные явления в жидкостях	12-14	9	6			3			
5.	Физическое подобие, моделирование	15-16	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

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. Обсуждение задач, стоящих перед аспирантом в рамках его научно-исследовательской работы, и возможных способов их решения с привлечением различных методов.	16

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	64

данных.	
Подготовка доклада по одной тем, вынесенных на самостоятельную подготовку	12

5. Перечень учебной литературы

5.1 Основная литература

1. Седов Л.И. Механика сплошной среды: [учебник для университетов и вузов: в 2 т.] / Л.И. Седов; Рос. акад. наук 5-е изд., испр Москва: Наука, 1994. 22 см. Т.2.560 с.: ил. ISBN 5-02-007053-X
2. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике / Л. И. Седов 10-е изд., доп. Москва: Наука, 1987. 430 с.
3. 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)
4. 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.
5. Бэтчелор Дж. R/ Введение в динамику жидкости / Дж. Бэтчелор; Пер. с англ. В.П. Вахомчика, А.С. Попова; Под ред. Г.Ю. Степанова М.: Мир, 1973 758 с.

5.2 Дополнительная литература

6. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика: учебник для вузов / Г.Н. Абрамович 4-е изд., перераб Москва: Наука, 1976 888 с.
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. Левич В.Г. Физико-химическая гидродинамика / В.Г. Левич Изд. 2-е, доп. и перераб. Москва: Физматгиз, 1959. 699 с.
9. Зельдович Я.Б., Райзер Ю.П. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений / Я.Б. Зельдович, Ю.П. Райзер 2-е изд., доп. М.: Наука, 1966. 686 с.
10. Уизем Дж. Б. Линейные и нелинейные волны / Дж. Уизем; пер. с англ. В.В. Жаринова под ред. А.Б. Шабата Москва: Мир, 1977, 622 с.
11. Физика сплошных сред: учебное пособие для студентов университетов / К.В. Лотов Москва; Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002 144 с.: ил.; 20 см. ISBN 5-93972-111-7.

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся

Размещение учебных материалов:

http://www.itp.nsc.ru/KSITE/right/doc/lectures/Lectures_Ilyushin_2009.pdf

Самостоятельная работа представлена решением задач из следующих источников:

1. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Гидродинамика. — Издание 6-е. — М.: Физматлит, 2015. — 728 с. — (Теоретическая физика, т. VI).
2. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. 7-е изд., испр. — М.: Дрофа, 2003. — 840 с.

3. Черный Г.Г. Газовая динамика. М.: Наука, 1988.
4. Бэтчелор Дж. Введение в динамику жидкости. М.-Ижевск: РХД, 2004.
5. Прандтль Л. Гидроаэромеханика. РХД, 2000.
6. Gallovotti G. Foundations of Fluid Mechanics. Rome: University of Rome, 2000.
7. Currie I.G. Fundamental of Fluid Mechanics. New York: McGraw-Hill, 2003.

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 проверки заданий для самостоятельного решения, презентации аспирантом доклада по одному из разделов программы курса. Текущий контроль успеваемости учитывается в рамках промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация:

Промежуточная аттестация по дисциплине 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 и газа для аспирантов

Таблица 10.1

Код компетенции	Результат обучения по дисциплине	Оценочное средство
УК-1.	Способность к критическому анализу и оценке	Работа на

современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях		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 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 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-техническую 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 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 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 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 и задач к зачёту по дисциплине «Механика жидкости и газа для аспирантов».

Вопросы к зачёту.

1. Сформулируйте кинематическую теорему в дифференциальной форме.
2. Сформулируйте кинематическую теорему в интегральной форме.
3. Что такое жидкий объем?
4. Напишите две формы уравнения неразрывности и уравнение неразрывности для несжимаемой жидкости.
5. Сформулируйте закон сохранения массы в интегральной форме. Как Вы думаете, можно ли этот закон интерпретировать как уравнение баланса?
6. Что такое плотность массовых сил и какова ее размерность?
7. Что такое плотность поверхностных сил и какова ее размерность?
8. Как выражается плотность поверхностных сил через тензор внутренних напряжений?
9. Напишите основное уравнение механики сплошной среды в интегральной форме уравнения баланса импульса (в векторном и тензорном видах).
10. Напишите основное уравнение механики сплошной среды в дифференциальной форме (в векторном и тензорном видах). Каков физический смысл интегрального уравнения баланса импульса?
11. В чем состоит главное следствие уравнения баланса момента количества движения?

12. Напишите уравнение баланса кинетической энергии в интегральном и дифференциальном видах. Чему равна мощность внутренних сил? Каков физический смысл интегрального уравнения баланса кинетической энергии?
13. Чему равен поток кинетической энергии через границу области течения?
14. Как выражается мощность поверхностных сил через тензор внутренних напряжений?
15. Напишите уравнение баланса полной энергии в интегральном и дифференциальном видах. Каков физический смысл интегрального уравнения баланса полной энергии?
16. Напишите уравнение баланса внутренней энергии в интегральном и дифференциальном видах. Каков физический смысл интегрального уравнения баланса внутренней энергии?
17. Чему равен поток внутренней энергии через границу области течения?

18. Докажите, что определитель матрицы A можно записать в виде

$$|A| = \det A = \epsilon_{ijk} a_{1i} a_{2j} a_{3k}.$$

19. Докажите, что $\epsilon_{ijk} \frac{\partial x_1}{\partial X_i} \frac{\partial x_2}{\partial X_j} \frac{\partial x_l}{\partial X_k} = 0, \quad l = 1, 2.$

20. Проверьте, что поле скорости от точечного источника массы, задаваемое потенциалом скорости $\varphi = -Q/4\pi R$, (R, θ, φ) – сферические координаты, Q – обильность источника, удовлетворяет уравнению неразрывности для несжимаемой жидкости (3.2.3). Докажите, что $Q = \int v_n dS$, где S – любая сфера, ограничивающая начало координат.

21. *Чему равен вектор плотности массовых сил инерции (центробежных сил и сил Кориолиса) в системе координат, равномерно вращающейся с постоянной угловой скоростью Ω ?

22. Доказать, что $\rho \frac{dv_i}{dt} = \frac{\partial \rho v_i}{\partial t} + \frac{\partial \rho v_i v_j}{\partial x_j}.$

23. Провести подробное доказательство, что из условия $\epsilon_{ijk} P_{jk} = 0$ следует симметричность тензора внутренних напряжений $P_{kj} = P_{jk}.$

24. Доказать, что $\rho \frac{dU}{dt} = \frac{\partial \rho U}{\partial t} + \text{div}(\rho U \mathbf{v}).$

25. *Показать, что если тензор внутренних напряжений можно представить при помощи диагональной матрицы $P_{jk} = -p \delta_{ij}$, где p – давление (это соответствует модели идеальной жидкости), тепловой поток определен согласно закону Фурье $\mathbf{Q} = -\lambda \nabla T$, то уравнение баланса внутренней энергии (3.6.5) можно представить в виде

$$\rho \frac{di}{dt} = \text{div}(\lambda \nabla T) + \rho q,$$

где $i=U+p/\rho$ – энтальпия на единицу массы жидкости.

26. Докажите, что соотношения (4.1.1), (4.1.2) и (4.1.3) эквивалентны.
27. Получите уравнения статики из основного уравнения механики сплошной среды, если тензор внутренних напряжений задан в виде (4.1.3).
28. Доказать, что в случае потенциальных внешних сил изобары, изостеры и изопотенциальные поверхности совпадают.
29. Доказать, что равновесие баротропной жидкости возможно только в поле внешних потенциальных сил. Напишите законы статики.
30. Сформулируйте необходимое условие равновесия. Всегда ли возможно равновесие жидкости? В поле каких внешних сил возможно равновесие жидкости?
31. Как соотносятся между собой различные единицы измерения давления: кПа, атм., мм рт. ст., кг/см², Psi? Выразить через Па.
32. Как распределена плотность произвольной сжимаемой жидкости, расположенной в поле тяжести? (Качественно.)
33. Что такое барометрическая формула? Напишите барометрическую формулу для изотермической атмосферы. Как изменяется с высотой плотность $\rho(z)$ и энтропия $s(z)$?
34. Почему силы давления на границе двух несмешивающихся жидкостей равны?
35. Сформулируйте закон Архимеда. Почему полностью погруженная в воду подводная лодка, которая легла отдохнуть на илистое дно, не может всплыть, тогда как на поверхности лодка спокойно плавает, хотя погружена в воду частично?
36. Докажите закон Архимеда, используя уравнения статики.
37. Сформулируйте условия плавания тел. Вы измеряете ареометром плотность жидкости. Если налить менее плотную (более плотную) жидкость, как изменится выталкивающая сила?
38. Представьте себе, что у Вас имеется сжимаемое тело. Вы погружаете его в несжимаемую жидкость. Где больше выталкивающая сила – у поверхности или в глубине?
39. Представьте себе, что у Вас имеется несжимаемое тело. Вы погружаете его в сжимаемую жидкость (аэростат). Где больше выталкивающая сила – у поверхности или в глубине?
40. Представьте себе, что у Вас имеется сжимаемое тело. Вы погружаете его в сжимаемую жидкость. Где больше выталкивающая сила – у поверхности или в глубине? От чего зависит ответ?
41. Расскажите, что же в самом деле заставляет жидкость выталкивать тела.

42. Объясните, как работают центрифуга в стиральной машине, сепаратор сливок.
43. Докажите, что результирующая сила, действующая на тело, вращающееся вместе с жидкостью, определяется формулой (4.4.10).
44. Как определить границу раздела двух несмешивающихся жидкостей, находящихся в поле внешних потенциальных сил?
45. Какие линии называются линиями тока?
46. Напишите уравнение линий тока.
47. Какие течения называются стационарными?
48. В каких случаях линии тока и траектории жидких частиц совпадают?
49. Что называется векторной трубкой?
50. Что такое трубка тока?
51. Что такое вихревая линия и вихревая трубка?
52. Дайте определение тензора скоростей деформаций.
53. Сформулируйте теорему Коши-Гельмгольца.
54. Как найти скорость деформационного движения жидкой частицы?
55. Сформулируйте кинематическую теорему Гельмгольца о вихрях.
56. Что такое интенсивность вихревой трубки?
57. Сформулируйте следствие кинематической теоремы Гельмгольца о вихрях.
58. Сформулируйте теорему Кельвина.
59. Как определяется функция тока для плоского течения несжимаемой жидкости?
60. Каков физический смысл функции тока для плоского течения несжимаемой жидкости?
61. Как определяется функция тока для плоского течения сжимаемого газа?
62. Каков физический смысл функции тока для плоского течения сжимаемого газа?
63. Какое течение называется осесимметричным?
64. Как определяется функция тока для осесимметричного течения несжимаемой жидкости в цилиндрических и сферических координатах?
65. Каков физический смысл функции тока для осесимметричного течения несжимаемой жидкости?
66. 1. Дайте определение производной по направлению.
67. 2. Что такое поверхность уровня?
68. 3. Дайте определение вектору градиента функции.
69. 4. Что такое оператор градиента?
70. 5. Дайте определение векторной линии, векторной поверхности, векторной трубки.
71. 6. Что такое линии тока?
72. 7. Напишите уравнение линии тока.

73. 8. Какие течения жидкости называются стационарными?
74. В каком случае траектории жидких частиц и линии тока совпадают?
75. Какие течения жидкости называются потенциальными?
76. Напишите необходимые условия потенциальности течения.
77. Что такое объемный расход?
78. Напишите потенциал поступательного течения жидкости и изобразите линии тока и эквипотенциальные линии.
79. Напишите потенциал гидродинамического источника и изобразите линии тока и эквипотенциальные линии.
80. Напишите потенциал потенциального вихря и изобразите линии тока и эквипотенциальные линии.
81. Являются ли линии тока и эквипотенциальные линии ортогональными в каждой точке жидкости для течений из предыдущих трех вопросов?
82. Что называется потоком вектора A через поверхность S ?
83. Что называется циркуляцией вектора v по замкнутому контуру C ?
84. Дайте определение дивергенцию вектора.
85. Дайте определение ротора вектора.
86. Напишите оператор дивергенции в декартовой системе координат.
87. Напишите оператор ротора в декартовой системе координат.
88. Сформулируйте соглашение о суммировании по повторяющимся индексам.
89. Определите оператор Лапласа и напишите уравнение Лапласа.
90. Сформулируйте тождества векторного анализа.
91. Сформулируйте теорему Стокса.
92. Сформулируйте теорему Гаусса-Остроградского.
93. Какие величины называются контравариантными?
94. Какие величины называются ковариантными?
95. Как определяется базисный вектор?
96. Сформулируйте законы преобразования ковариантных и контравариантных величин.
97. Что такое вектор?
98. Что такое диада?
99. Что такое тензор второго ранга?
100. Дайте определение полиады.
101. Дайте определение тензора n -го ранга.
102. Что такое ранг (валентность) тензора?
103. Какие тензоры называются симметрическими?

104. Какие тензоры называются антисимметрическими?
105. Что такое метрический тензор?
106. Как осуществляется жонглирование индексами?
107. Что такое свертка?
108. Какие операции можно производить с тензорами?
109. Что такое антисимметричный тензор Леви-Чивита?
110. Что такое тензорное произведение?
111. Что такое символы Кристоффеля?
112. Напишите ковариантную производную контравариантных компонент вектора.
113. Напишите ковариантную производную ковариантных компонент вектора.
114. Напишите ковариантную производную контравариантных компонент тензора второго ранга.
115. Напишите ковариантную производную ковариантных компонент тензора второго ранга.
116. Каким свойством обладает метрический тензор при ковариантном дифференцировании?

Задачи к зачёту

1. В какую сторону отклонятся рычажные весы на рис.11, если вода в сосудах налита до одинакового уровня. Стенки сосудов закреплены неподвижно, дно сосудов – поршни

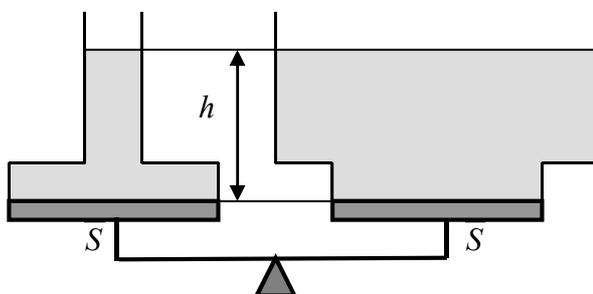


Рис. 11

одинаковой площади. Обоснуйте полученный результат.

2. Определите величину максимальной высоты h_{\max} , на которую можно поднять жидкость поршневым насосом, если откачивается вода, нефть, ртуть. Объясните, что будет находиться между поршнем и жидкостью (рис.6), когда поршень оторвется от поверхности жидкости.
3. Доказать, что если жидкость или газ находится в равновесии в поле внешних потенциальных сил, то изопотенциальные поверхности будут также изотермами и адиабатами.
4. Найдите распределение давления $p(z)$ в атмосфере, если температура воздуха меняется по закону $T=T_0 - (\Delta/100)z$, $\Delta = 0.65^\circ$ – изменение температуры при подъеме на 100 м., $T_0 = 288$ К, $z_0 = 0$, $p_0 = 1$ атм. Найдите изменение плотности с высотой $\rho(z)$ и высоту атмосферы. Как изменяется с высотой энтропия $s(z)$?

5. Найдите распределение давления $p(z)$ в адиабатической атмосфере. Найдите изменение плотности $\rho(z)$ и температуры $T(z)$. Какова высота атмосферы? На поверхности Земли воздух находится при нормальных условиях.
6. Почему подводной лодке, коснувшейся илистого дна, трудно всплыть? Оцените выталкивающую силу, действующую на подводную лодку длиной 20 м и средним диаметром поперечного сечения 4 м, плавающую на глубине 50, 100 и 200 м. Найдите величину силы, которую необходимо приложить к лодке, чтобы оторвать ее от илистого дна на тех же глубинах.
7. Воздушный шар летел на некоторой высоте. Сбросили груз. Воздушный шар поднялся выше до определенной высоты. Объясните это явление. Найдите, на какую высоту поднялся воздушный шар радиуса 15 м, летящий на высоте 500 м, если сбросили груз 50 кг. Атмосферу считать изотермической, на поверхности Земли воздух находится при нормальных условиях.

8. Парадокс Жуковского. Цилиндр, свободно вращающийся вокруг своей оси, наполовину помещен в боковую стенку сосуда с водой как показано на рис.12. Со стороны жидкости на цилиндр действует выталкивающая сила. Эта сила может привести цилиндр во вращение. Имеем вечный двигатель первого рода. Объясните парадокс.

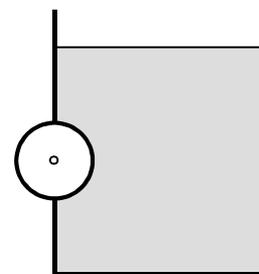


Рис. 12

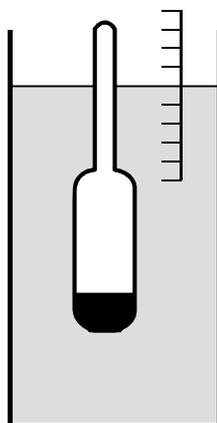


Рис. 13

9. Объясните принцип действия ареометра – прибора для измерения плотности жидкости (рис. 13). Какая и как должна быть нанесена шкала на прибор? Почему, как правило, используется равномерная шкала?
10. Докажите, что для того чтобы равновесие плавающего тела было устойчиво, необходимо, чтобы центр тяжести тела лежал ниже, чем центр тяжести вытесненной жидкости.

11. Цилиндрический бак полностью заполнен смесью воды и керосина (рис. 14). Отношение объемов $V_{\text{воды}}/V_{\text{керосина}}=1/2$. Найти границу раздела жидкостей, если бак вращается с угловой скоростью Ω в силе тяжести. При какой частоте вращения дна бака? Как изменится результат, если бака не будет, а боковые стенки сосуда: 1) большие, 2) имеют длину L ?

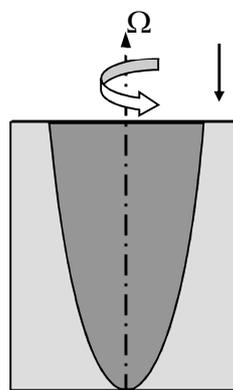
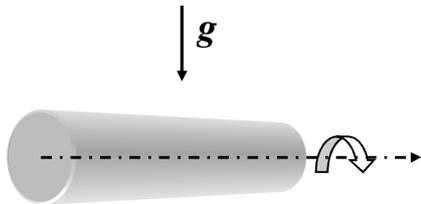


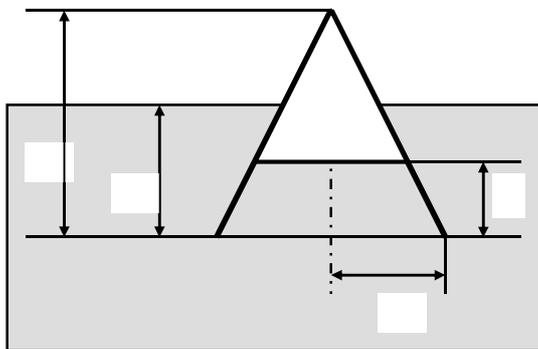
Рис. 14

полностью керосина и жидкостей, если однородном поле керосин коснется верхней крышки сколь угодно

12. Чему равно минимальное и максимальное ускорение частицы песка, находящегося в центрифуге, заполненной водой и вращающейся со скоростью 1200 оборотов в минуту? Радиус центрифуги 0,5 м, высота 1 м. Определите время, необходимое, чтобы частица достигла стенок сосуда, если первоначально находилась в точках $(r,z) = (0 \text{ м}, 0.5 \text{ м})$, $(0.1 \text{ м}, 0.5 \text{ м})$, $(0.25 \text{ м}, 0.8 \text{ м})$. Какова будет траектория движения частицы? Предполагается, что все недостающие необходимые данные Вы можете определить самостоятельно.



ис



и

13. Замкнутый сосуд, наполненный водой, вращается с постоянной угловой скоростью Ω относительно горизонтальной оси (рис.15). Покажите, что изобары представляют собой круговые цилиндры, общая ось которых расположена на высоте g/Ω^2 над осью вращения.

14. Полый конус погружен в воду, как показано на рис. 16. Определите расстояние l , на которое вода заполняет конус, как функцию глубины погружения конуса d . Изобразите результат на графике для $H \geq d \geq 0$, где $H=1\text{ м}$ – высота конуса. Предполагается, что температура воздуха внутри конуса остается постоянной.

15. Нарисуйте линии тока для течения

$$u = \alpha x; \quad v = -\alpha y; \quad w = 0.$$

Пусть концентрация примеси в жидкости для области $y > 0$ есть

$$c(x, y, t) = \beta x^2 y e^{-\alpha t}.$$

$\alpha > 0$, β – постоянные. Изменяется ли концентрация примеси в произвольной жидкой частице со временем? Найдите закон движения жидкой частицы $x = x(X, Y, t)$, $y = y(X, Y, t)$. Как зависит концентрация от лагранжевых координат и времени?

16. Решите задачу 1, если поле скорости задано в виде

$$u = \alpha y; \quad v = -\beta x; \quad w = 0,$$

$\alpha, \beta > 0$ – постоянные. Концентрация задана во всем пространстве соотношением

$$c(x, y, t) = \lambda(\beta x^2 + \alpha y^2).$$

17. Нарисуйте линии тока, если функция тока задана в виде

$$\psi(x, y) = \psi_0 \sin ax \sin by.$$

18. Нарисуйте линии тока, если функция тока задана в цилиндрической системе координат в виде

$$\psi(r, \theta) = v_0 \left(r - \frac{a^2}{r} \right) \sin \theta + \frac{\Gamma}{2\pi} \ln \frac{r}{a}.$$

Исследуйте, как зависит характер течения от параметров v_0, Γ . (Обтекание цилиндра идеальной жидкостью.)

19. Нарисуйте линии тока, если функция тока задана в сферической системе координат в виде

$$\psi(R, \theta) = \frac{2\nu R \sin^2 \theta}{A - \cos \theta}, \quad A > 1.$$

Исследуйте, как зависит характер течения от параметра A . (Затопленная струя вязкой жидкости.)

20. Докажите, что разница между значениями функции тока для осесимметричного течения на различных трубках тока равна объемному расходу жидкости, протекающей между этими трубками, деленному на 2π .
21. Проверить, что выражение для ротора вектора \mathbf{A} через определитель (18) совпадает с его определением (16).
22. Доказать в декартовой системе координат, что для дважды непрерывно дифференцируемого поля $\varphi(x, y, z)$ операция $\text{rot } \nabla \varphi \equiv 0$ (формула (19)). Таким образом ротор любого потенциального вектора тождественно равен нулю.
23. Доказать в декартовой системе координат, что для дважды непрерывно дифференцируемого поля $\mathbf{A}(x, y, z)$ операция $\text{div rot } \mathbf{A} \equiv 0$ (формула (20)). Таким образом дивергенция ротора любого вектора тождественно равна нулю.
24. Доказать в декартовой системе координат, что для дважды непрерывно дифференцируемого поля $\mathbf{A}(x, y, z)$ $\text{rot rot } \mathbf{A} = \nabla \text{div } \mathbf{A} - \Delta \mathbf{A}$ (формула (23)).
25. Докажите, что симметрический (антисимметрический) тензор второго ранга остается симметрическим (антисимметрическим) при преобразовании координат.
26. Докажите, что компоненты метрического тензора в полярной системе координат имеют вид $g_{rr} = 1, \quad g_{r\varphi} = 0, \quad g_{\varphi\varphi} = r^2, \quad g^{rr} = 1, \quad g^{r\varphi} = 0, \quad g^{\varphi\varphi} = \frac{1}{r^2}$
27. Докажите, что символы Кристоффеля в полярной системе координат имеют вид (59).
28. Докажите, что компоненты ковариантной производной вектора в полярной системе координат имеют вид $\Gamma_{rr}^r = 0, \quad \Gamma_{rr}^\varphi = 0, \quad \Gamma_{\varphi r}^r = 0, \quad \Gamma_{\varphi r}^\varphi = \frac{1}{r}, \quad \Gamma_{\varphi\varphi}^r = -r, \quad \Gamma_{\varphi\varphi}^\varphi = 0$
29. Докажите, что физические компоненты тензора скоростей деформации в полярной системе координат имеют вид

$$\mathbf{e}_{rr} = \frac{\partial \mathbf{v}_r}{\partial r}, \quad \mathbf{e}_{r\varphi} = \frac{\partial \mathbf{v}_\varphi}{\partial r} + \frac{\partial \mathbf{v}_r}{r \partial \varphi} + \frac{\mathbf{v}_\varphi}{r}, \quad \mathbf{e}_{\varphi\varphi} = \frac{\partial \mathbf{v}_\varphi}{r \partial \varphi} + \frac{\mathbf{v}_r}{r}$$

30. Найдите символы Кристоффеля в цилиндрической системе координат.
31. Найдите дивергенцию вектора в цилиндрической системе координат.
32. Найдите лапласиан скаляра в цилиндрической системе координат.

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».....	45
1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	47
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы	48
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	48
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.....	49
5. Перечень учебной литературы	52
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся	53
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	53
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	54
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	54
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.....	54

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. Объемные 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.	12
Подготовка доклада по одной тем семинаров, вынесенных на самостоятельную подготовку	36

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 физики неравновесных процессов

КАНДИДАТСКИЙ ЭКЗАМЕН

Модуль

«Теплофизика и теоретическая теплотехника»

направление подготовки: 03.06.01 Физика и астрономия

Курс 2, семестр 4

профиль

Теплофизика и теоретическая теплотехника

Форма обучения: **очная**

Заведующий кафедрой ФНП ФФ
д.ф.-м.н., академик РАН С.В. Алексеенко



Новосибирск 2020

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по модулю, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	62
2. Место модуля в структуре образовательной программы	63
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	63
4. Содержание модуля, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.....	64
5. Перечень учебной литературы	64
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся	65
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения модуля	66
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по модулю	66
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	66
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.....	67

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

В рамках промежуточной аттестации (сдачи кандидатского экзамена) по модулю «Теплофизика и теоретическая теплотехника» проводится оценка универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций (портфолио), полученных в рамках прохождения дисциплин «Теплофизика и теоретические основы теплообмена для аспирантов», «Механика жидкости и газа для аспирантов» или «Теоретическая аэрогидродинамика для аспирантов», направленные на подготовку к сдаче кандидатского экзамена по профилю «Теплофизика и теоретическая теплотехника», а также порядок подготовки к сдаче и проведения кандидатского экзамена по профилю «Теплофизика и теоретическая теплотехника». В состав портфолио входят перечень типовых задач для самостоятельного решения, 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 Теплофизика и теоретическая теплотехника:

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

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

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 аттестации (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	Зачет	Дифференцированный зачет	Кандидатский экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3-4	396	128	24		38	162	32	2	8		2
Всего 396 часов /11 зачетных единиц из них: - контактная работа 202 часа - в интерактивных формах 62 часа											
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.	Теплофизика и теоретические основы теплообмена для аспирантов	3-4	180	64	12	22	78			4
2	Б.1.В. ВД.									
2.1.	Механика жидкости и газа для аспирантов	3-4	180	64	12	16	84			4
2.2.	Теоретическая аэрогидродинамика для аспирантов	3-4	180	64	12	16	84			4
3.	Кандидатский экзамен	4	36					32	2	2
Всего			396	128	24	38	162	32	2	10
Общий объем контактной работы составляет 194 часа, в интерактивных формах – 62 часа										

Самостоятельная работа обучающихся

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Подготовка к кандидатскому экзамену по специальности	32

5. Перечень учебной литературы

5.1 Основная литература

- 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.
- 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)
- Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Т.5: Статистическая физика. Ч.1 Изд. 5-е, стер 2005 616 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, 2002 229 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, 2002 238 с.: ил.; 23 см. ISBN 5-354-00077-7

5.2 Дополнительная литература

6. 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.
7. 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
8. 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.
9. Зельдович Я.Б., Райзер Ю.П. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений / Я.Б. Зельдович, Ю.П. Райзер 2-е изд., доп. М.: Наука, 1966. 686 с.
10. Уизем Дж. Линейные и нелинейные волны / Дж. Уизем; пер. с англ. В.В. Жаринова; под ред. А.Б. Шабата. Москва: Мир, 1977, 622 с.
11. Физика сплошных сред: учебное пособие для студентов университетов / К.В. Лотов. Москва; Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002 144 с.: ил.; 20 см. ISBN 5-93972-111-7.

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.
6. 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.
9. Gallovotti G. Foundations of Fluid Mechanics. Rome: University of Rome, 2000.
10. Currie I.G. Fundamental of Fluid Mechanics. New York: McGraw-Hill, 2003.

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 «Теплофизика и теоретическая теплотехника» представляет собой контроль результатов освоения дисциплин, входящих в состав модуля: «Теплофизика и теоретическая теплотехника 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), утвержденным 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 Теплофизика и теоретическая теплотехника

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

Шифр компетенций	Структурные элементы оценочных средств	Показатель сформированности	Не сформирован (неудовлетворительно)	Пороговый уровень (удовлетворительно)	Базовый уровень (хорошо)	Продвинутый уровень (отлично)
УК-1	<p>Портфолио (презентация), устное сообщение</p> <p>УК-1.1. Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности.</p> <p>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</p>	<p>Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.</p> <p>Отсутствуют умения при решении поставленных задач.</p>	<p>Минимально допустимый уровень знаний. Допускается значительное количество негрубых ошибок. Наличие минимального уровня умений при решении поставленных задач.</p>	<p>Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины.</p> <p>Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок либо не полностью отвечает на дополнительные вопросы.</p> <p>Демонстрирует умения при решении поставленных задач.</p>	<p>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.</p>	

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

УК-5	Портфолио (презентация), устное сообщение	области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования.	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки. Отсутствуют умения при выявлении и формулировке проблемы собственного профессионального развития. Отсутствуют навыки владения приемами выполнения научных исследований на современном уровне.	Минимально допустимый уровень знаний. Допускается значительное количество негрубых 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	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок либо не полностью отвечает на дополнительные вопросы. Демонстрирует умения при выявлении и формулировке проблемы собственного профессионального развития. На высоком уровне демонстрирует навыки владения приемами выполнения научных исследований на современном мировом уровне	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. 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
УК-5	Портфолио (презентация), устное сообщение	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	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки. Отсутствуют умения при выявлении и формулировке проблемы собственного профессионального развития. Отсутствуют навыки владения приемами выполнения научных исследований на современном уровне.	Минимально допустимый уровень знаний. Допускается значительное количество негрубых 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	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок либо не полностью отвечает на дополнительные вопросы. Демонстрирует умения при выявлении и формулировке проблемы собственного профессионального развития. На высоком уровне демонстрирует навыки владения приемами выполнения научных исследований на современном мировом уровне	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. 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>современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования.</p>	<p>Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки. Отсутствуют умения при определении применения современных научных методов исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности.</p>	<p>Минимально допустимый уровень знаний. Допускается значительное количество негрубых ошибок. Наличие минимального уровня умений при определении применения современных научных методов исследования и информационно-коммуникационные технологии. Доклад не в полной мере отражает суть работы, нарушена последовательность</p>	<p>Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок либо не отвечает на дополнительные вопросы.</p>	
<p>ОПК-1</p>	<p>Портфолио (презентация), устное сообщение</p>	<p>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 научную документацию,</p>	<p>Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки. Отсутствуют умения при определении применения 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. Наличие минимального уровня умений при определении применения современных научных методов исследования и информационно-коммуникационные технологии. Доклад не в полной мере отражает суть работы, нарушена последовательность</p>	<p>Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок либо не отвечает на дополнительные вопросы. Минимально допустимый уровень знаний. Допускается значительное количество негрубых ошибок. Демонстрирует умения при определении применения современных научных методов исследования и информационно-коммуникационные технологии. Доклад отражает суть работы, последователен.</p>	

ПК-1	Вопрос категорию 1 экзамена билета Задача	научные отчеты, обзоры, доклады и статьи. 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.	Не демонстрирует либо демонстрирует отдельные несвязанные знания и умения в профессиональной области деятельности	Демонстрирует общие знания и умения базовых понятий в профессиональной области деятельности	Демонстрирует хорошие знания и умения базовых понятий в профессиональной области деятельности, но допускает некоторые несущественные ошибки, неточности в формулировках	Демонстрирует углубленные знания и умения базовых понятий и моделей в профессиональной области деятельности
ПК-2	Вопрос категорию 2 экзамена билета Задача	ПК-2.1. Знать физические основы базовых экспериментов в зависимости от специфики профиля	Не владеет (знания, умения) основными физическими понятиями и законами в профессиональной	Владеет базовыми (знания, умения) понятиями в профессиональной области деятельности	Владеет(знания, умения) всеми понятиями, в профессиональной области деятельности, и понимает их	Свободно владеет (знания, умения) всеми понятиями, в профессиональной области деятельности, понимает их взаимосвязь и границы применимости

		<p>подготовки и объекта исследования. ПК-2.2. Уметь определять и применять современные научные методы в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.</p>	<p>области деятельности</p>		<p>взаимосвязь, но допускает некоторые несущественные ошибки, неточности в формулировках</p>	
--	--	---	-----------------------------	--	--	--

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 и моделей теплофизики тепломассообменных процессов, свободно владеет и использует их математические модели

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>наименование модуля</p> <p>_____</p> <p>наименование образовательной программы</p> <p>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №</p> <p>1. Вопрос 1. 2. Вопрос 2. 3. Задача</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
1	<p>Основные параметры термодинамической системы. Идеальный газ. Температура. Уравнение состояния идеального и реальных газов. Газовые смеси. Внутренняя энергия. Работа. Теплота. Первое начало термодинамики. Энтропия. Максимальная и минимальная работа. Микроканоническое, каноническое и большое каноническое распределения. Статистические суммы канонических распределений. Энтропия – статистическая интерпретация. Якобианы. Термодинамические потенциалы. Свободная энергия Гельмгольца, потенциал Гиббса, Ω-потенциал. Теплоемкость различных газов. Квантовая природа теплоемкости. Термодинамические коэффициенты. Основные термодинамические процессы. Тепловая и рабочая диаграммы. Политропические процессы.</p> <p>Цикл Карно. Обратимая тепловая машина. Второе начало термодинамики. Изменение энтропии конкретных систем. Тепловой контакт двух тел. Обратимая тепловая машина с холодильником и нагревателем конечной теплоемкости. Эксергия. Обобщенный цикл Карно. Процессы с регенерацией теплоты.</p>
2	<p>Система с переменным количеством вещества. Химический потенциал. Экстремальные свойства термодинамических функций. Условия равновесия</p>

	однофазных и двухфазных систем. Равновесие фаз. Правило фаз Гиббса. Метастабильные состояния.
	Влажный пар. Двухфазная система. Теплоемкость влажного пара. Основные процессы с влажным паром.
	Уравнение 1-го начала термодинамики для потока. Скорость звука в двухфазных системах. Дросселирование газов и паров. Адиабатический процесс истечения газов. Сопло Лавалля. Вязкое течение сжимаемого газа в канале. Процесс истечения парожидкостной смеси из простого сопла (модель аварии энергоустановок).
3	Компрессоры. Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания: циклы Отто, Дизеля, Сабатэ-Тринклера. Сравнение циклов двигателей внутреннего сгорания.
	Циклы газотурбинных установок и реактивных двигателей. Газотурбинная установка. Прямоточный воздушно-реактивный двигатель. Компрессорный турбореактивный двигатель. Жидкостный ракетный двигатель.
4	Паротурбинные установки. Цикл Карно. Цикл Ренкина. Холодильные циклы. Воздушная холодильная установка. Паровая компрессорная холодильная установка. Пароэжекторная холодильная установка. Абсорбционная холодильная установка.
	Термоэлектрическая холодильная установка. Принцип работы теплового насоса. Термотрансформаторы. Методы сжижения газов.
	МГД-генератор и ядерная энергетическая установка. Термоэлектронные (термоэмиссионные) преобразователи. Электрохимические генераторы (топливные элементы). Солнечные батареи.
5	Биномиальное распределение, распределения Пуассона и Гаусса. Общая формула для вероятности флуктуационного отклонения от равновесного состояния. Термодинамические флуктуации. Флуктуации в классических системах.
	Флуктуации в квантовых системах, флуктуации неравновесного излучения.
	Случайные процессы. Эргодичность. Стационарные марковский и гауссовский процессы. Спектральные представления для случайной переменной и корреляционной функции. Смещение во времени случайной величины и формула Эйнштейна. Формула Найквиста.
	Термодинамические силы и термодинамические потоки в линейном приближении. Производство энтропии в гидродинамических системах (уравнения Навье-Стокса) для смесей химически реагирующих газов.
	Соотношения взаимности Онзагера для кинетических коэффициентов. Принцип Кюри. Связь между кинетическими коэффициентами различной тензорной размерности. Принцип Ле-Шателье – Брауна с точки зрения неравновесной термодинамики. Теорема о минимуме производства энтропии для стационарных состояний.
6	Уравнения переноса (баланса) экстенсивных величин. Теорема Гаусса-Остроградского. Уравнения переноса произвольной скалярной и векторной величин. Перенос кинетической энергии системы. Баланс полной энергии. Перенос внутренней энергии (энтальпии, тепла).
	Гипотеза Фурье для молекулярного потока энергии. Коэффициенты теплопроводности для различных веществ: твердых тел, жидкостей, газов, пористых сред. Уравнение теплопроводности параболического и гиперболического типа. Пример: уравнения акустики, уравнение переноса для потока автотранспорта.
	Критерии подобия и анализ размерностей при переносе энергии. π -теорема Бэкингема. Критерии подобия: Рейнольдса, Прандтля, Пекле, Галилея,

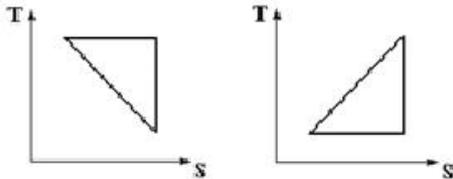
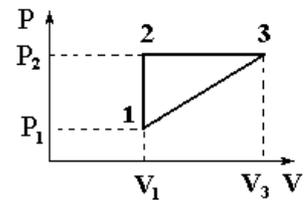
	<p>Архимеда. Грасгофа, Рэлея, Эккерта. Число Нуссельта. Число Био. Коэффициент теплопередачи.</p> <p>Краевые условия задач теплопроводности. Теплообмен с проницаемыми границами. Аналитические методы решения уравнения теплопроводности.</p> <p>Нестационарное температурное поле в полубесконечном теле (параболическая и гиперболические задачи) и в плоской пластине.</p> <p>Контакт двух полуограниченных тел. Охлаждение (нагревание) шара при граничных условиях 1-го рода. Теорема Дюамеля. Регулярный режим охлаждения (нагревания) тел. Точные решения для распределения температуры в слоистых течениях: течение Куэтта чистого сдвига, течения в плоском канале с градиентом давления между изотермическими стенками. Тепловые волны.</p> <p>Уравнения теплового (температурного) пограничного слоя. Теплообмен при вынужденном обтекании плоской пластины для различных чисел Прандтля. Свободная конвекция у вертикальной пластины для малых и больших чисел Прандтля.</p> <p>Режимы свободной, вынужденной и смешанной конвекции при ламинарном и турбулентном течении. Интегральные уравнения импульса и энергии. Приближенное решение методом интегральных соотношений для случая безградиентного обтекания пластины. Пограничные слои на искривленной стенке и на теле вращения. Уравнение и решение Швеца.</p> <p>Теплообмен при течении жидкости в каналах. Стабилизированный теплообмен при ламинарном течении. Теплообмен при ламинарном течении жидкости в начальном термическом канала. Стабилизированный теплообмен при турбулентном течении жидкостей с малыми и большими числами Прандтля Интеграл Лайона. Влияние переменности свойств жидкости на теплообмен при течении жидкостей и газов в трубах.</p> <p>Конвективный теплообмен при высоких скоростях течения. Адиабатическая температура стенки, коэффициент восстановления, методы расчета теплоотдачи. Теплообмен на проницаемой поверхности. Теплообмен при поперечном обтекании одиночного цилиндра и пучков труб.</p>
7	<p>Пленочная и капельная конденсация. Теплообмен при пленочной конденсации на вертикальной поверхности: Решение Нуссельта.</p> <p>Конденсация на поверхности горизонтального цилиндра. Конденсация движущегося пара. Турбулентная пленка. Качественные закономерности капельной конденсации. Автоколебательные процессы при конденсации внутри каналов.</p> <p>Кипение жидкостей. Образования зародышей при фазовых переходах первого рода. Гомогенный и гетерогенный механизмы зарождения паровых пузырьков. Основные закономерности роста и отрыва паровых пузырьков от поверхности.</p> <p>Теплообмен при пузырьковом и пленочном кипении в большом объеме. Кривая кипения. Кризисы кипения в большом объеме. Критерий устойчивости двухфазных систем. Различные модели кипения и основные критерии подобия при кипении в большом объеме. Особенности вскипания жидкости при ступенчатом «набросе» теплового потока и при сбросе давления.</p>
8	<p>Уравнение переноса в двухкомпонентной среде. Закон Фика и обобщенный закон Фика. Коэффициенты термодиффузии и бародиффузии. Критерии подобия в процессах диффузии: Шервуда, Шмидта, Льюиса. Краевые условия для уравнения диффузии. Особенности задач диффузии в жидких и газовых смесях</p>

	<p>Диффузионный погранслои. Аналогия процессов теплообмена и массообмена. Аналогия Рейнольдса. Тройная аналогия. Массообменные процессы между жидкостью и жидкостью, газом или паром. Абсорбция газа в стекающих пленках жидкости. Интенсификация массоотдачи волнами на свободной поверхности.</p>
	<p>Массообменные процессы между жидкостью, газом или паром и твердым телом. Механизмы диффузии в пористых телах: свободная, кнудсеновская, поверхностная диффузия. Адсорбция. Изотерма сорбции. Материальный баланс и кинетика адсорбции. Динамика адсорбции. Равновесная и неравновесная адсорбция. Стационарные решения.</p>

Задачи

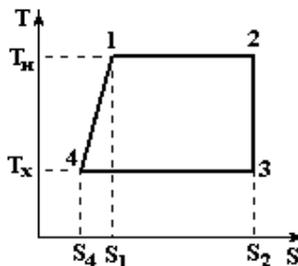
1. Какую максимальную работу можно получить за счет разности температур 2 кг железа, имеющего температуру 500К и 4кг меди, имеющей температуру 300К. Каков к.п.д. соответствующего обратимого цикла? Удельные теплоемкости железа и меди равны 460Дж/кг·К и 390Дж/кг·К соответственно.

2. Определить КПД цикла, изображенного на рабочей диаграмме для двухатомного совершенного газа.



3. Даны тепловые диаграммы двух циклов для некоторых рабочих веществ. В пределах каждого цикла абсолютная температура изменяется в К раз. Определить КПД каждого из циклов.

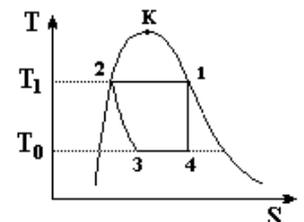
4. Определить КПД цикла 1-2-3-4-1. $S_1 = 400$ Дж/К, $S_2 = 800$ Дж/К, $S_4 = 300$ Дж/К. Изменить цикл на цикл с регенерацией и определить его КПД.



4-1. $T_x = 300$ Дж/К, $T_n = 600$ Дж/К, $T_n =$ регенерацией тепла и

5. Под поршнем находится равновесный влажный водяной пар при давлении P_0 и при начальных значениях массового паросодержания: $X_0 = 0,005$; $X_0 = 0,02$; $X_0 = 0,1$. До какого давления необходимо медленно адиабатически довести систему, чтобы пар полностью конденсировался?

6. Определить холодильный коэффициент цикла 1-2-3-4-1 (и КПД соответствующего обратного цикла). Рабочее вещество - для двухфазная пароводяная смесь. Цикл состоит из изотермы 1-2, «изоэнтальпы» (процесс Джоуля-Томпсона) 2-3, изотермы 3-4 и адиабаты 4-1. $T_1 = 400$ К.



7. Мелкопористый материал сделан из железа. Объемная доля пор составляет 80%. Сравнить коэффициенты эффективной теплопроводности материала, полученные с использованием моделей продольных и поперечных слоев. Коэффициенты теплопроводности $\lambda_{FE} = 30$, $\lambda_{AIR} = 0,025$.

8. Теплопроводная несжимаемая жидкость натекает из бесконечности с температурой T_0 и с постоянной скоростью V по нормали на пористую пластину. Температура пластины равна T_1 . Теплопроводность жидкости λ , плотность ρ , удельная теплоемкость C . Найти стационарное поле температуры в жидкости и удельный поток тепла к пластине. Оценить максимальный размер пор d , при котором полученное решение будет справедливо.

9. Найти распределение температуры и скорости жидкости при простом течении Куэтта (ширина канала h , нижняя стенка покоится, верхняя имеет скорость U). Вязкость жидкости зависит от температуры по закону: $\eta(T) = A \exp(-BT)$, где A и B – известные положительные константы. Зависимостью от температуры плотности жидкости ρ , коэффициента теплопроводности λ , удельной теплоемкости C пренебречь. Рассмотреть случаи:

а) температура нижней стенки T_0 верхней T_1 ($T_0 < T_1$), эффектами вязкой диссипации пренебречь

б) температура нижней и верхней стенок T_0 , тепло выделяется вследствие вязкой диссипации.

10. Определить стационарное распределение температуры и удельного потока тепла в жидкости, совершающей слоистое «пузелейлевское» течение по трубе кругового сечения (радиус трубы R , средняя по сечению скорость течения U). Температура стенки вдоль трубы меняется по линейному закону: $T_{CT}(x) = \Delta T x / L$, где ΔT , L – известные положительные константы. Дано: параметры жидкости λ , ρ , C . Эффектами вязкой диссипации пренебречь.

11. На вертикальной изотермической стенке происходит конденсация неподвижного чистого пара. Среднее значение коэффициента теплоотдачи α_0 . К стенке прикладывают пластину толщиной δ и теплопроводности λ_p . Во сколько раз изменился расход конденсата, если число $Bi = \frac{\alpha_0 \delta}{\lambda_p} = 2$. Температуру стенки T_w , температуру насыщения пара T_0 и теплофизические свойства конденсата считать постоянными. Профиль температуры в пластине – линейный.

12. Рассчитать в приближении тонкого диффузионного пограничного слоя ($Pe_D \gg 1$) диффузию от твердой сферы радиуса R , обтекаемой потоком вязкой жидкости ($Re \gg 1$). Определить локальный и интегральный критерий Нуссельта, если $Pr \ll 1$.

13. Из крана вытекает круглая струя воды, насыщенной хлором. С поверхности струи идет десорбция. Рассчитать толщину диффузионного слоя (в зависимости от расстояния от крана) в модели пограничного слоя на теле вращения. Дано: радиус и скорость струи при выходе из крана R_0 и U_0 ; ускорение свободного падения g ; коэффициент диффузии D .

Толщину диффузионного слоя $\delta(x)$ определить из тождества: $\delta(x) = \frac{D \Delta C}{j(x)}$, где $j(x)$ – удельный поток массы хлора.

Набор экзаменационных билетов формируется и утверждается в установленном порядке в начале учебного года при наличии контингента обучающихся, осваивающих модуль «Теплофизика и теоретическая теплотехника» 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.

