

МИНОБРНАУКИ России
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича
Сибирского отделения Российской академии наук

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИТПМ СО РАН,
чл.-корр. РАН

А.Н. Шиплюк

«11»

09

2018 г.



ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Направление подготовки: **01.06.01 Математика и механика**

Уровень образования: **подготовка кадров высшей квалификации**

Квалификация: **Исследователь. Преподаватель-исследователь**

Форма обучения: **Очная**

Направленность подготовки:
01.02.05 Механика жидкости, газа и плазмы

Новосибирск 2018

Фонд оценочных средств предназначен для контроля сформированности компетенций обучающихся. Структура и содержание фонда оценочных средств разработаны и соответствуют программе аспирантуры по подготовке научно-педагогических кадров в аспирантуре ИТПМ СО РАН (направленность 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы).

В результате освоения программы аспирантуры у выпускника должны быть сформированы:

- **универсальные компетенции**, не зависящие от конкретного направления подготовки;
- **общепрофессиональные компетенции**, определяемые направлением подготовки;
- **профессиональные компетенции**, определяемые направленностью (профилем) программы аспирантуры в рамках направления подготовки (далее – направленность программы).

Выпускник, освоивший программу аспирантуры, должен обладать следующими **универсальными компетенциями**:

- способностью 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);
- способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения (УК-2);
- готовностью участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективах по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
- готовностью использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4);
- способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-5).

Выпускник, освоивший программу аспирантуры, должен обладать следующими **общепрофессиональными компетенциями**:

- способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);
- готовностью к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-2).

Выпускник, освоивший программу аспирантуры ИТПМ СО РАН, должен обладать следующими **профессиональными компетенциями**:

- способностью свободно владеть фундаментальными разделами математики и механики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач механики жидкости, газа и плазмы (ПК-1);
- способностью использовать знания современных проблем и новейших достижений механики жидкости газа и плазмы в своей научно - исследовательской деятельности (ПК-2);
- способностью самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области механики жидкости, газа и плазмы, а также решать их с помощью современной аппаратуры, оборудования, информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта (ПК-3);
- способностью и готовностью применять на практике навыки написания и оформления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей в области механики жидкости, газа и плазмы (ПК-4).

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

Шифр	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Материалы для оценки уровня сформированности компетенции
З (УК-1)	<p>ЗНАТЬ: основные тенденции и проблемы в развитии современных философских направлений и школ; вопросы логической и методологической культуры научного исследования, принципы и способы организации научного знания, виды основных научных методов, принципы построения и ведения научных исследований и инновационной деятельности.</p>	<p>Вопросы к экзамену по дисциплине «История и философия науки», раздел 1, № 4-20</p>
У (УК-1)	<p>УМЕТЬ: анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов; при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи, исходя из имеющихся ресурсов и ограничений; проверять правильность аргументов, выстраивать опровержения, применять правила доказательства в ходе дискуссии или полемики; анализировать свои наблюдения, выдвигать на основе анализа гипотезы, подтверждать или опровергать свои или оппонирующие доводы, концепции, гипотезы.</p>	<p>Свободная дискуссия с аспирантом на темы вопросов к экзамену по дисциплине «История и философия науки» из раздела 2, №10-15</p> <p>Обсуждение результатов научно-исследовательской деятельности аспирантов в контексте общей методологии решения практических и исследовательских задач</p>
В (УК-1)	<p>ВЛАДЕТЬ навыками критического анализа и оценки современных научных достижений при решении исследовательских и практических задач, навыками использования терминологического инструментария, содержательной части, дисциплины для выражения собственной точки зрения, для изложения специфических вопросов философии науки и техники; навыками самостоятельной оценки и интерпретации найденной информации, основами методологии научного познания; принципами различения научного и вненаучного знания; навыками мышления и анализа ситуации с позиций научной рациональности и постнеклассической науки, с учетом этических и экологических требований к научным дисциплинам.</p>	<p>Обсуждение вопросов, предлагаемых в качестве тем для рефератов по истории и философии науки. Темы 1-7</p> <p>Обсуждение отчета по научно-исследовательской деятельности аспиранта и плана дальнейшего исследования в контексте состояния современной науки</p>

УК-2: Способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки.

Шифр	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Материалы для оценки уровня сформированности компетенции
З (УК-2)	<p>ЗНАТЬ: специфику науки и техники как культурных феноменов человеческой цивилизации; структуру научного познания; структурные компоненты теоретического и эмпирического знания; условия возникновения научных проблем признаки научных проблем; условия выдвижения гипотез; представление гипотез как метод развития научно-технического знания; критерии научных теорий и функции теорий; представление о научном законе как ключевом компоненте теории; принципы познания научных законов</p>	<p>Вопросы к экзамену по дисциплине «История и философии науки», раздел 1, №1-3, раздел 3, № 1-19</p>
У (УК-2)	<p>УМЕТЬ: анализировать и интерпретировать содержание философских текстов, текстов по истории науки и вторичную литературу; целесообразно использовать знание построения логичных и непротиворечивых высказываний в общении в профессиональной деятельности; использовать основные принципы логики, построения доказательств, логические законы мышления в профессиональной деятельности.</p>	<p>Свободная дискуссия с аспирантами по вопросам и заданиям к экзамену по истории и философии науки, раздел 2, № 1-9</p>
В (УК-2)	<p>ВЛАДЕТЬ: основами методологии научного познания при изучении различных уровней организации материи, пространства и времени; современными методами ведения исследования; необходимым набором методов или способов сбора, обработки и анализа эмпирических данных, а также их теоретического обобщения для решения поставленных задач или возникающих проблем как в профессиональной, так и в научно-исследовательской деятельности; навыками эффективного применения этих способов или методов. навыками анализа основных мировоззренческих и методологических проблем, в том числе междисциплинарного характера возникающих в науке на современном этапе ее развития; технологиями планирования профессиональной деятельности в сфере научных исследований.</p>	<p>Обсуждение с аспирантами решения философских и методологических проблем, возникающих в их научно-исследовательской деятельности, в контексте современной философии науки</p> <p>Свободная дискуссия по темам рефератов по истории и философии науки. Темы 8-15</p>

УК-3: готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач.

Шифр	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Материалы для оценки уровня сформированности компетенции
З (УК-3)	ЗНАТЬ: грамматические особенности перевода научной литературы.	Задание №1 экзамена по иностранному языку Задание №7 устного опроса по иностранному языку
У (УК-3)	УМЕТЬ: свободно читать оригинальную литературу на иностранном языке в соответствующей отрасли знаний; следовать основным нормам, принятым в научном общении при работе в российских и международных исследовательских коллективах с целью решения научных и научно-образовательных задач;	Иностранный язык, Задание №3 из письменного задания по английскому языку На основе отчета о НИД обсуждение с аспирантом вопросов, связанных с нормами работы в исследовательском коллективе
В (УК-3)	ВЛАДЕТЬ: навыками оформления извлеченной из иностранных источников информации в виде перевода или реферата (аннотации); различными типами коммуникаций при осуществлении работы в российских и международных коллективах по решению научных и научно-образовательных задач, навыками коллективной научной работы.	Задание №3 из письменного задания по иностранному языку, задание № 3 из билетов по иностранному языку На основе отчетов аспиранта по НИД и НИП обсуждение с аспирантом его опыта коллективной научной работы

УК-4: готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках.

Шифр	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Материалы для оценки уровня сформированности компетенции
З (УК-4)	<p>ЗНАТЬ: употребительные фразеологические словосочетания, часто встречающиеся в устной и письменной речи на иностранном языке, сокращения и условные обозначения</p>	<p>Задание №1 устного опроса по иностранному языку</p> <p>Задание №2 экзамена по иностранному языку</p>
У (УК-4)	<p>УМЕТЬ: делать сообщения и доклады на иностранном языке на темы, связанные с научной работой аспиранта</p>	<p>Задание №8 письменного задания по иностранному языку</p> <p>Задание №3 экзамена по иностранному языку</p>
В (УК-4)	<p>ВЛАДЕТЬ: навыками анализа научных текстов на государственном и иностранном языках, навыками беседы по специальности на иностранном языке.</p>	<p>Задание №3 экзамена по иностранному языку</p> <p>Задание №1,3,4 из письменных заданий по иностранному языку</p> <p>Беседа с аспирантом по результатам его отчета НИД на английском языке.</p>

УК-5: способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития.

Шифр	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Материалы для оценки уровня сформированности компетенции
З (УК-5)	ЗНАТЬ: основы научной этики	На основе отчета о НИД, обсуждение с аспирантами этических аспектов научной деятельности
У (УК-5)	УМЕТЬ: осуществлять личностный выбор в морально-ценностных ситуациях, возникающих в профессиональной сфере деятельности; формулировать цели личностного и профессионального развития и условия их достижения, исходя из тенденций развития области профессиональной деятельности, этапов профессионального роста, личностных особенностей.	Опираясь на отчет по НИД, обсуждение с аспирантами ситуации личностного выбора в его научной деятельности, обсуждение цели личностного и профессионального роста аспиранта
В (УК-5)	ВЛАДЕТЬ: способами выявления и оценки индивидуально-личностных, профессионально-значимых качеств и путями достижения более высокого уровня их развития, навыками планирования своего профессионального развития.	По предоставленным отчетам НИД и НИП беседа об опыте анализа личностных качеств и планов профессионального развития аспиранта.

ОПК-1: способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий

Шифр	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Материалы для оценки уровня сформированности компетенции
З (ОПК-1)	ЗНАТЬ: методологию, конкретные методы и приемы научных исследований в области механики с использованием современных компьютерных технологий.	Вопросы 1-22 к экзамену по Механике жидкости, газа и плазмы.
У (ОПК-1)	УМЕТЬ: самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области механики с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий.	Анализ умения аспирантов современные методы исследования на основе отчета о НИД
В (ОПК-1)	ВЛАДЕТЬ: навыками использования современных информационно-коммуникационных технологий при исследовательской деятельности в области механики; методологией, различными методами и приемами научно-исследовательской работы в области механики с использованием современных компьютерных технологий.	Определение уровня владения аспирантом современных ИКТ на основе отчетов о НИД и НИП

ОПК-2: готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования

Шифр	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Материалы для оценки уровня сформированности компетенции
З (ОПК-2)	<p>ЗНАТЬ: особенности преподавательской деятельности, психологические закономерности усвоения информации, мотивацию и особенности студенческого возраста, закономерности использования «активных» методов в преподавании, способы управления группой; различные методики преподавания дисциплин, учебно-методическую работу преподавателя высшей школы</p>	<p>Вопросы 1-9 к зачету по дисциплине «Психология и технология преподавания»</p> <p>Беседа с аспирантом по отчету о педагогической практике с целью определения знания современных педагогических технологий</p>
У (ОПК-2)	<p>УМЕТЬ: организовывать работу учебной группы, использовать необходимые методы для организации эффективного усвоения, использовать методы самонастройки, учитывать психологические закономерности усвоения информации, мотивировать аудиторию студенческого возраста.</p>	<p>Вопросы 9-13 к зачету по дисциплине «Психологии и технология преподавания»</p> <p>Обсуждение с аспирантом его подходов к организации работы учебной группы по отчету о педагогической практике</p>
В (ОПК-2)	<p>ВЛАДЕТЬ: технологиями создания интерактивных курсов обучения, навыками эффективной коммуникации с группой, навыками эффективного выступления; общими принципами и методами преподавания в высшей школе; отбором материала для проведения занятия; подготовкой презентации или составление плана занятия; проведением семинарского занятия, взаимодействие с аудиторией; стимулированием аудитории к самостоятельной работе по теме занятия.</p>	<p>Вопросы 14-20 к зачету по дисциплине «Психология и технология преподавания»</p> <p>На основе отчета по педагогической практике определение уровня владением аспиранта педагогическими технологиями</p>

ПК-1: способность свободно владеть фундаментальными разделами механики жидкости, газа и плазмы, необходимыми для решения научно-исследовательских задач математики и механики

Шифр	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Материалы для оценки уровня сформированности компетенции
3 (ПК-1)	<p>ЗНАТЬ: свойства и модели различных жидких, газообразных и плазменных сред</p>	<p>Вопросы к экзамену по дисциплине «Механика жидкости, газа и плазмы» 1-12.</p> <p>Билеты 1-4 к зачету по дисциплине «Введение в физическую газодинамику»</p> <p>Вопросы 1-6 к зачету по дисциплине «Газовая динамика стационарных и нестационарных процессов»</p> <p>Билеты 1-10 к зачету по дисциплине «Динамика вязкого газа турбулентности и струй»</p> <p>Вопросы 1-9 к зачету по дисциплине «Физические основы и методы диагностики в эксперименте»</p> <p>Билеты 1-4 к зачету по дисциплине «Методы решения задач динамики сплошной среды»</p> <p>Задания 1-3 к зачету по дисциплине «Современные модели механики сплошной среды»</p>
У (ПК-1)	<p>УМЕТЬ: использовать полученные теоретические знания при решении практических задач, относящихся к области механики жидкости, газа и плазмы</p>	<p>Дополнительные практические задания аспиранту при ответах на вопросы к экзамену по дисциплине «Механика жидкости, газа и плазмы» 1-12.</p> <p>Список задач для самостоятельной работы, Задание 1, № 1-15 по дисциплине «Газовая динамика стационарных и нестационарных процессов»</p> <p>Билеты 11-15, дополнительные вопросы 1-9, задачи 1-6 к зачету по дисциплине «Динамика вязкого газа турбулентности и струй»</p> <p>Вопросы 10-21 к зачету по дисциплине «Физические</p>

		<p>основы и методы диагностики в эксперименте»</p> <p>Задание 1-3 к зачету по дисциплине «Численное моделирование течений вязкого теплопроводного газа с использованием программного пакета ANSYS FLUENT»</p> <p>Дискуссия с аспирантом на основе его отчета по НИД о практическом использовании знаний в области механики жидкости, газа и плазмы в научно-исследовательской деятельности.</p>
<p>В (ПК-1)</p>	<p>ВЛАДЕТЬ: методами и подходами исследований в области механики жидкости, газа и плазмы</p>	<p>Дополнительные задания аспиранту при ответах на вопросы к экзамену по дисциплине «Механика жидкости, газа и плазмы» 1-12 с акцентом на владения современными методами и подходами исследований.</p> <p>Задачи 16-21 к зачету по дисциплине «Динамика вязкого газа турбулентности и струй»</p> <p>Дополнительные практические задания по вопросам 10-21 к зачету по дисциплине «Физические основы и методы диагностики в эксперименте»</p> <p>Обсуждение с аспирантом на основе его отчета по НИД использование современных методов и подходов исследований в области механики жидкости, газа и плазмы в научно-исследовательской деятельности аспиранта.</p>

ПК-2: способность использовать знания современных проблем и новейших достижений механики жидкости, газа и плазмы в своей научно-исследовательской деятельности.

Шифр:	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Материалы для оценки уровня сформированности компетенции
З (ПК-2)	<p>ЗНАТЬ: современные проблемы и новейшие достижения в области механики жидкости, газа и плазмы</p>	<p>Вопросы к экзамену по дисциплине «Механика жидкости, газа и плазмы» 12-24.</p> <p>Билеты 5-12 к зачету по дисциплине «Введение в физическую газодинамику»</p> <p>Вопросы 6-15 к зачету по дисциплине «Газовая динамика стационарных и нестационарных процессов»</p> <p>Билеты 16-19 к зачету по дисциплине «Динамика вязкого газа турбулентности и струй»</p> <p>Вопросы 7-21 к зачету по дисциплине «Физические основы и методы диагностики в эксперименте»</p> <p>Билеты 9-12 к зачету по дисциплине «Методы решения задач динамики сплошной среды»</p> <p>Задания 8-9 к зачету по дисциплине «Современные модели механики сплошной среды»</p>
У (ПК-2)	<p>УМЕТЬ: использовать полученные знания о современных проблемах и новейших достижениях в области механики жидкости, газа и плазмы при решении научно-исследовательских задач</p>	<p>Дополнительные практические задачи по вопросам 1-12 к зачету по дисциплине «Введение в физическую газодинамику»</p> <p>Список задач для самостоятельной работы, Задание 1, № 6-22 и Задание 2, № 1-6 по дисциплине «Газовая динамика стационарных и нестационарных процессов»</p> <p>Задачи 7-10 к зачету по дисциплине «Динамика вязкого газа турбулентности и струй»</p> <p>Обсуждения с аспирантом выбора метода оптической</p>

		<p>диагностики по вопросам 1-21 к зачету по дисциплине «Физические основы и методы диагностики в эксперименте»</p> <p>Обсуждения с аспирантом решения практических задач механики сплошной среды на основе билетов 1-12 к зачету по дисциплине «Методы решения задач динамики сплошной среды»</p> <p>Задания 4-7 к зачету по дисциплине «Современные модели механики сплошной среды»</p> <p>Задание 4-6 к зачету по дисциплине «Численное моделирование течений вязкого теплопроводного газа с использованием программного пакета ANSYS FLUENT»</p> <p>Дискуссия с аспирантом об использовании современных методов МЖГ в его научно-исследовательской деятельности на основе отчета по НИД.</p>
<p>В (ПК-2)</p>	<p>ВЛАДЕТЬ: навыками использования современных методов и подходов к решению научно-исследовательских задач в области механики жидкости, газа и плазмы</p>	<p>Билеты 13-18 к зачету по дисциплине «Введение в физическую газодинамику</p> <p>Список задач для самостоятельной работы, Задание 2, № 6-16 по дисциплине «Газовая динамика стационарных и нестационарных процессов», дополнительные вопросы к зачету по списку.</p> <p>Задачи 11-15, дополнительные вопросы 10-13 к зачету по дисциплине «Динамика вязкого газа турбулентности и струй»</p> <p>Обсуждения практического применения метода оптической диагностики по вопросам 14-21 к зачету по дисциплине «Физические основы и методы диагностики в эксперименте»</p> <p>Выполнение аспирантом практических заданий на основе билетов 1-12 к зачету по дисциплине «Методы решения задач динамики сплошной</p>

		<p>среды»</p> <p>Выполнение практических примеров на основе заданий 1-9 к зачету по дисциплине «Современные модели механики сплошной среды»</p> <p>На основе отчета о НИД аспиранта обсуждение примеров использования современных методов и подходов МЖГП в его научно-исследовательской деятельности.</p>
--	--	--

ПК-3: способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области механики жидкости, газа и плазмы, а также решать их с помощью современной аппаратуры, оборудования, информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта

Шифр	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Материалы для оценки уровня сформированности компетенции
З (ПК-3)	<p>ЗНАТЬ: корректную постановку и методы решения физической задачи в области механики жидкости, газа и плазмы</p>	<p>Вопросы к экзамену по дисциплине «Механика жидкости, газа и плазмы» 25-32 с акцентом на постановку физической задачи.</p> <p>Билеты 1-18 к зачету по дисциплине «Введение в физическую газодинамику» (необходимо уметь корректно формулировать постановку задачи)</p> <p>Билеты к зачету № 1-15 по дисциплине «Газовая динамика стационарных и нестационарных процессов», дополнительные вопросы к зачету по списку.</p> <p>Билеты 1-19 к зачету по дисциплине «Динамика вязкого газа, турбулентности и струй» с акцентом на постановку задачи.</p> <p>Вопросы 10-21 к зачету по дисциплине «Физические основы и методы диагностики в эксперименте»</p> <p>Обсуждение с аспирантом постановки физической задачи по билетам 1-12 к зачету по дисциплине «Методы решения задач динамики сплошной среды»</p> <p>Задания 7-9 к зачету по дисциплине «Современные модели механики сплошной среды»</p> <p>Задания 1-6 к зачету по дисциплине «Численное моделирование течений вязкого теплопроводного газа с использованием программного пакета ANSYS FLUENT»</p>
У (ПК-3)	<p>УМЕТЬ: самостоятельно ставить и решать научно-исследовательскую задачу в области механики жидкости,</p>	<p>Список задач для самостоятельной работы,</p>

	газа и плазмы	<p>Задание 1, № 9-12, 19-22 и Задание 2, № 6-14 по дисциплине «Газовая динамика стационарных и нестационарных процессов»</p> <p>Задачи 1-9, дополнительные вопросы 1-11 к зачету по дисциплине «Динамика вязкого газа, турбулентности и струй»</p> <p>Вопросы 7-21 к зачету по дисциплине «Физические основы и методы диагностики в эксперименте»</p> <p>Задания 1-6 к зачету по дисциплине «Численное моделирование течений вязкого теплопроводного газа с использованием программного пакета ANSYS FLUENT»</p> <p>Обсуждение с аспирантом на основе его отчета по НИД его опыта постановки физической задачи и умения ее решения с помощью современной аппаратуры, оборудования и информационных технологий.</p>
В (ПК-3)	<p>ВЛАДЕТЬ: навыками применения современной аппаратуры, оборудования и информационных технологий в решении исследовательских задач механики жидкости, газа и плазмы с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта</p>	<p>Задачи 10-21 к зачету по дисциплине «Динамика вязкого газа, турбулентности и струй»</p> <p>Обсуждение практических деталей применения методов из вопросов 7, 12, 17, 21 к зачету по дисциплине «Физические основы и методы диагностики в эксперименте»</p> <p>Обсуждения с аспирантом результатов выполнения заданий 1-6 к зачету по дисциплине «Численное моделирование течений вязкого теплопроводного газа с использованием программного пакета ANSYS FLUENT»</p> <p>Совместный анализ с аспирантом результатов его НИД на предмет качества методологии исследования в части использования современной аппаратуры, оборудования и методов.</p>

ПК-4: способность и готовность применять на практике навыки написания и оформления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей в области механики жидкости, газа и плазмы.

Шифр	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Материалы для оценки уровня сформированности компетенции
З (ПК-4)	ЗНАТЬ: структурные и языковые особенности научного текста, общие правила написания и оформления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей	Дисциплина «Механика жидкости, газа и плазмы», написание краткого отчета с ответом на вопросы 1-32 к экзамену. Обсуждение структуры и элементов НКР с аспирантом на основе отчета по подготовке НКР.
У (ПК-4)	УМЕТЬ: представлять результаты своих научных исследований в форме текста и презентации	На основе отчета по подготовке НКР обсуждение с аспирантом процесса представления его научных результатов в форме текста и презентации
В (ПК-4)	ВЛАДЕТЬ: практическими навыками написания и оформления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей в области механики жидкости, газа и плазмы	На основе отчета об НКР и списка научных публикаций аспиранта обсуждение с ним его опыта написания технических текстов различной формы в области механики жидкости, газа и плазмы.

ИСТОРИЯ И ФИЛОСОФИЯ НАУКИ

Оценка качества освоения аспирантами (соискателями) **дисциплины включает:**

- текущий контроль успеваемости;
- промежуточную аттестацию;
- итоговую аттестацию.

Текущий контроль. Для контроля при проведении практических занятий (коллоквиумов) для аспирантов (соискателей) в соответствии с учебным планом и графиком учебного процесса преподавателем используются такие формы текущего контроля, как подготовка и выступление с докладами по отдельным вопросам курса, проведение устного или письменного опроса по одной или нескольким темам.

Текущий контроль успеваемости осуществляется в рамках практических занятий (коллоквиумов) для своевременной диагностики и возможной корректировки уровня знаний, умений и навыков обучающихся.

Промежуточная аттестация.

В рамках данного раздела курса вместо аудиторных коллоквиумов учащиеся выполняют самостоятельную работу по подготовке и написанию реферата по истории той отрасли социальных и гуманитарных наук, которая непосредственно связана с темой их диссертационного исследования, в соответствии с научным интересом аспиранта или соискателя и пожеланиями его научного руководителя, или на одну из предложенных ниже тем. Приоритет в темах отдан вопросам, посвященным специфике математического знания.

Возможные темы рефератов:

1. Теория групп в исторической перспективе.
2. История развития вычислительных методов решения математических задач
3. Возникновение интегрального и дифференциального исчисления
4. Проблема устойчивости решения системы дифференциальных уравнений (исторический анализ)
5. Проблема сходимости методов вычислительной математики (исторический анализ)
6. Теоретическое значение работ Г. Фреге для развития математики
7. Проблема оснований математики
8. Возникновение неевклидовых геометрий
9. История формирования современной теории множеств
10. Программа Д. Гильберта в исторической перспективе
11. Неклассическая теория множеств П. Вopenка
12. Теоретическое и философское значение результатов К. Геделя
13. Теоретическое значение работ Г. Кантора для развития математики
14. Теория действительного числа в исторической перспективе
15. Вариационные принципы в естествознании

Итоговая аттестация. По окончании курса аспирант (соискатель) сдает кандидатский экзамен по направлению.

Список экзаменационных вопросов по курсу:

РАЗДЕЛ I. ОБЩИЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЛОСОФИИ НАУКИ

1. Наука, как социальный институт. Место и роль науки в развитии культуры.
2. Классификация наук: естественные и гуманитарные дисциплины.
3. Основные этапы исторического развития науки
4. Позитивизм и неопозитивизм в философии науки
5. Постпозитивизм и конец научной рациональности
6. Исторические реконструкции развития научного знания: К.Поппер, Т.Кун, И.Лакатос, П.Фейрабенд

7. Отечественная школа философии науки. Система методологических принципов развития научного знания.
8. Эмпирический и теоретический уровни научного познания.
9. Научная картина мира: основные элементы, структура, исторические формы
10. Типы научной рациональности
11. Критический рационализм К.Поппера
12. Научная революция и ее структура: Т.Кун
13. Методология научно-исследовательских программ: И.Лакатос
14. Методологический анархизм П.Фейрабенда
15. Верификационизм и фальсификационизм в теориях развития науки
16. Проблема несоизмеримости и смена научных теорий
17. Социальные детерминанты развития научного знания
18. Эволюционный и системный подходы в научном познании
19. Индукция, дедукция и абдукция: основные процедуры обоснования знания
20. Постнеклассическая наука и техногенная цивилизация

РАЗДЕЛ II. ФИЛОСОФСКИЕ ПРОБЛЕМЫ МАТЕМАТИКИ

1. Математика как язык науки. Понятие модели в математике
2. Индукция и дедукция в математике: проблема математического доказательства
3. Логическая структура математики: аксиоматический метод и классификация математического знания
4. Геометрический метод доказательства: основные проблемы
5. Проблема актуальной и потенциальной бесконечностей в философии и математике
6. Парадоксы теории множеств и их философское осмысление
7. Г.Фреге и Г.Вейль о природе математического мышления
8. Внутренние и внешние факторы развития математического знания
9. Революция в математике: парадигмальное знание в математике и других науках
10. Платонизм
11. Интуиционизм и конструктивизм
12. Эмпиризм и априоризм в математике
13. Тезис Черча-Тьюринга и проблема рациональности
14. Проблема вычислимости и математическое доказательство
15. Математическое моделирование и математический эксперимент

РАЗДЕЛ III. ИСТОРИЯ МАТЕМАТИКИ

1. Периодизация математики
2. Математическое знание в Др.Египте и Др.Вавилоне
3. Пифагорейцы
4. Евдокс
5. Архимед
6. Евклид
7. Математическое знание в Др.Индии и Др.Китае
8. Алгебра и математика на арабском Востоке и в Византии
9. Проблема решения алгебраических уравнений
10. Тригонометрия в древней астрономии
11. Развитие интегральных и дифференциальных методов в XVII веке
12. Теоретическое значение работ Л.Эйлера для развития математики
13. Программа Д.Гильберта
14. Теория действительного числа
15. Создание аксиоматической теории множеств
16. Открытие неевклидовых геометрий
17. Эрлангенская программа Ф.Клейна

18. Э.Галуа и рождение теории групп

19. Результаты К.Геделя и кризис гильбертовской программы обоснования математики

АНГЛИЙСКИЙ ЯЗЫК

Оценка качества освоения аспирантами (соискателями) **дисциплины включает:**

- текущий контроль успеваемости;
- промежуточную аттестацию;
- итоговую аттестацию (кандидатский экзамен).

Промежуточная аттестация (зачёт)

Зачёт включает в себя перевод релевантных грамматических конструкций с английского языка на русский. Объем 30-40 предложений. Время выполнения работы – 60 минут.

Кандидатский экзамен

Допуск к кандидатскому экзамену дает преподаватель, ведущий курс кандидатского минимума на основании *ведомости сдачи внеаудиторного чтения* оригинальной научной литературы на иностранном языке по специальности аспиранта объемом 500 000 печатных знаков. Внеаудиторное чтение сдается преподавателю в различных формах, а именно:

- письменный перевод части текста, подготовленный заранее;
- устный перевод указанного преподавателем отрывка текста;
- устная презентация прочитанного текста (реферирование, аннотирование).

Требования к литературе:

Литература должна быть аутентичной, т.е. быть написана носителем языка и издана за рубежом. Тематика должна быть строго научной и соответствовать специальности аспиранта (соискателя). Источником могут быть статьи, монографии и книги на изучаемом языке, изданные в последние 10-15 лет.

Структура экзамена

Кандидатский экзамен по иностранному языку проводится в два этапа:

На *первом этапе* аспирант выполняет письменный перевод научного текста по специальности на русский язык. Объем текста – 15 000 печатных знаков.

Требования к оформлению письменного перевода

Перевод осуществляется в письменном виде на бланке Института, в котором указывается фамилия сдающего экзамен. К переводу прикрепляется копия страниц оригинала, использованных для перевода.

После проверки перевод заверяется подписями экзаменаторов.

Успешное выполнение письменного перевода является условием допуска ко второму этапу экзамена.

Второй этап экзамена включает в себя три задания:

1. **Письменный перевод** оригинального текста по специальности со словарем. Объем 3000 печатных знаков. Время выполнения работы – 60 минут.
2. **Устное реферирование** оригинального текста по специальности. Объем 1500 печатных знаков. Время выполнения – 10-15 минут.
3. **Беседа** с экзаменаторами на иностранном языке по вопросам, связанным со специальностью и научной работой аспиранта (соискателя).

Критерии оценки:

1. Письменный перевод оригинального текста по специальности

• **«отлично»** – полный перевод (100%), адекватный смысловому содержанию текста на русском языке. Текст грамматически корректен, лексические единицы и синтаксические структуры, характерные для научного стиля речи, переведены адекватно;

- **«хорошо»** – полный перевод (100-90%). Встречаются лексические (1-2), грамматические (1-2) ошибки и стилистические неточности, которые не препятствуют общему пониманию текста, однако не согласуются с нормами языка перевода и стилем научного изложения;
 - **«удовлетворительно»** – фрагмент текста, предложенного на экзамене, переведен не полностью (2/3 – ½) или с некоторым количеством лексических(2-3), грамматических(2-3) и стилистических ошибок, которые препятствуют общему пониманию текста;
 - **«неудовлетворительно»** – неполный перевод (менее ½). Непонимание содержания текста, большое количество смысловых и грамматических ошибок.
- Примечание: однотипные ошибки считаются за одну. Ошибки отмечаются галочкой на полях перевода красной ручкой.

2. Реферирование оригинального текста по специальности

- **«отлично»** – реферат составлен в сжатой форме адекватно содержанию текста с использованием речевых клише, типичных для реферата, дано полное изложение основного содержания фрагмента текста;
- **«хорошо»** – текст передан семантически адекватно, но недостаточно полно;
- **«удовлетворительно»** – текст передан недостаточно полно и/или с существенным искажением смысла;
- **«неудовлетворительно»** – передано менее 50% основного содержания фрагмента, имеется существенное искажение смысла.

3. Беседа

- **«отлично»** – речь грамотная и выразительная. Правильно используются лексико-грамматические конструкции; если допускаются ошибки, то тут же исправляются говорящим. Стилль научного высказывания выдержан в течение всей беседы. Объем высказывания соответствует требованиям. Говорящий понимает и адекватно отвечает на вопросы;
- **«хорошо»** – при высказывании встречаются грамматические ошибки. Объем высказывания соответствует требованиям. Вопросы говорящий понимает полностью, но ответы иногда вызывают затруднения. Научный стиль выдержан в 70-80% высказываний;
- **«удовлетворительно»** – при высказывании встречаются грамматические ошибки. Недостаточный объем высказывания. Как вопросы, так и ответы вызывают затруднения. Научный стиль выдержан не более чем в 30-40% высказываний;
- **«неудовлетворительно»** – неполное высказывание, более 15 грамматических, лексических, фонетических ошибок. Грамматически неоформленная речь.

ПСИХОЛОГИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРЕПОДАВАНИЯ

Оценка качества освоения аспирантами (соискателями) **дисциплины включает:**

- текущий контроль успеваемости;
- промежуточную аттестацию (зачёт).

Текущий контроль проводится в форме опроса, а также оценки вопроса-ответа в рамках участия аспиранта в обсуждениях и различных контрольных мероприятиях.

Текущий контроль успеваемости осуществляется в рамках практических занятий для своевременной диагностики и возможной корректировки уровня знаний, умений и навыков обучающихся.

Объектами оценивания выступают:

- активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость занятий;

- степень усвоения теоретических знаний и уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы, проводимых в рамках семинаров и самостоятельной работы.

Промежуточная аттестация аспирантов по дисциплине проводится в форме зачета. Обучающийся допускается к зачету в случае выполнения всех учебных заданий и мероприятий. При наличии учебной задолженности (пропущенных занятий и/или невыполненных заданий) аспирант отрабатывает пропущенные занятия и выполняет задания.

Вопросы к зачету:

1. Основы современной дидактики.
2. Правила выстраивания содержания лекции.
3. Способы активизации внимания обучаемых.
4. Способы управления аудиторией.
5. Методы проведения семинаров.
6. Организация самостоятельной работы учащихся.
7. Когнитивная психология в обучении.
8. Социальная психология в обучении.
9. Мотивация обучаемых.
10. Способы построения содержания выступления.
11. Средства поддержания внимания обучаемых.
12. Использование Майн-мэр в учебной практике.
13. Использование деловых игр в обучении.
14. Метод «малых групп» в проведении семинаров.
15. Современные дидактические подходы.
16. Ролевые игры в обучении.
17. Психология самонастройки преподавателя.
18. Вспомогательный инструментарий преподавателя.
19. Социальная психология группы.
20. «Активные» методы обучения: общие закономерности.

Критерии оценки:

- оценка **«зачтено»** – аспирант показал на зачете знание основного материала дисциплины, знаком с основной литературой, предусмотренной программой, демонстрирующий основные знания, умения и владения;
- оценка **«не зачтено»** – аспирант не усвоил основной программный материал дисциплины, допустил принципиальные ошибки при ответе.

МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ, ГАЗА И ПЛАЗМЫ

Оценка качества освоения аспирантами (соискателями) **дисциплины включает:**

- текущий контроль успеваемости;
- промежуточную аттестацию (зачет);
- итоговую аттестацию (кандидатский экзамен).

Текущий контроль усвоения учебного материала предусмотрен на практических занятиях в виде обсуждений пройденных лекционных тем.

Промежуточная аттестация аспирантов по дисциплине проводится в форме зачета, проводимого в конце каждого семестра. Аспирант допускается к зачету в случае выполнения всех учебных заданий и мероприятий. При наличии учебной задолженности (пропущенных занятий и/или невыполненных заданий) аспирант отрабатывает пропущенные занятия и выполняет задания.

- оценка «зачтено» ставится, если аспирант показал на зачете знание основного материала дисциплины, знаком с основной литературой, предусмотренной программой, демонстрирующий основные знания, умения и владения;
- оценка «не зачтено» – аспирант не усвоил основной программный материал дисциплины, допустил принципиальные ошибки при ответе.

Оценочным средством контроля знаний, умений и владений, является **итоговый (кандидатский) экзамен**, который проходит в устной форме по билетам (2 вопроса из Банка контролирующих материалов и один из перечня вопросов, утвержденных директором Института, связанных с тематикой научно–исследовательской работы аспиранта).

Банк контролирующих материалов:

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

13. Модель вязкой жидкости. Линейно-вязкая (ньютоновская) жидкость. Уравнения Навье-Стокса. Полные системы уравнений для вязкой несжимаемой и сжимаемой жидкостей. Начальные и граничные условия. Диссипация энергии в вязкой теплопроводной жидкости.
14. Применение интегральных соотношений к конечным объемам среды при установившемся движении. Теория реактивной тяги и теория идеального пропеллера.
15. Поверхности слабых и сильных разрывов. Разрывы сплошности. Условия на поверхностях сильного разрыва в материальных средах и в электромагнитном поле. Тангенциальные разрывы и ударные волны.
16. Равновесие жидкости и газа в поле потенциальных массовых сил. Закон Архимеда. Равновесие и устойчивость плавающих тел и атмосферы.
17. Общая теория непрерывных потенциальных движений несжимаемой жидкости. Свойства гармонических функций.
18. Кинематическая задача о произвольном движении твердого тела в неограниченном объеме идеальной несжимаемой жидкости. Энергия, количество движения и момент количества движения жидкости при движении в ней твердого тела. Движение сферы в идеальной жидкости. Силы воздействия идеальной жидкости на тело, движущееся в безграничной массе жидкости. Основы теории присоединенных масс. Парадокс Даламбера.
19. Плоские движения идеальной жидкости. Функция тока. Применение методов теории аналитических функций комплексного переменного для решения плоских задач гидродинамики и аэродинамики. Стационарное обтекание жидкостью цилиндра и профиля. Формулы Чаплыгина и теорема Жуковского. Правило Жуковского и Чаплыгина определения циркуляции вокруг крыльев с острой задней кромкой. Нестационарное обтекание профилей. Плоские задачи о струйных течениях жидкости. Обтекание тел с отрывом струй. Схемы Кирхгофа, Эфроса и др.
20. Определение поля скоростей по заданным вихрям и источникам. Формулы Био-Савара. Прямолинейный и кольцевой вихри. Законы распределения давлений, силы, обуславливающие вынужденное движение прямолинейных вихрей в плоском потоке. Постановка задачи и основные результаты теории крыла конечного размаха. Несущая линия и несущая поверхность.
21. Постановка задачи Коши-Пуассона о волнах на поверхности тяжелой несжимаемой жидкости. Гармонические волны. Фазовая и групповая скорость. Дисперсия волн. Перенос энергии прогрессивными волнами. Теория мелкой воды. Уравнения Буссинеска и Кортвега-де-Вриза. Нелинейные волны. Солитон.
22. Ламинарное движение несжимаемой вязкой жидкости. Течения Куэтта и Пуазейля. Течение вязкой жидкости в диффузоре. Диффузия вихря. Приближения Стокса и Озеена. Задача о движении сферы в вязкой жидкости в постановке Стокса.
23. Ламинарный пограничный слой. Задача Блазиуса. Интегральные соотношения и основанные на их использовании приближенные методы в теории ламинарного пограничного слоя. Явление отрыва пограничного слоя. Устойчивость пограничного слоя. Теплообмен с потоком на основе теории пограничного слоя.
24. Турбулентность. Опыт Рейнольдса. Уравнения Рейнольдса. Турбулентный перенос тепла и вещества. Полуэмпирические теории турбулентности. Профиль скорости в пограничном слое. Логарифмический закон. Прямое численное решение уравнений гидромеханики при наличии турбулентности.
25. Свободная и вынужденная конвекция. Приближение Буссинеска. Линейная неустойчивость подогреваемого плоского слоя и порог возникновения конвекции. Понятие о странном аттракторе. Движение жидкости и газа в пористой среде. Закон Дарси. Система дифференциальных уравнений подземной гидрогазодинамики. Неустановившаяся фильтрация газа. Примеры точных автомодельных решений.

26. Распространение малых возмущений в сжимаемой жидкости. Волновое уравнение. Скорость звука. Запаздывающие потенциалы. Эффект Допплера. Конус Маха.
27. Уравнения газовой динамики. Характеристики. Влияние сжимаемости на форму трубок тока при установившемся движении. Элементарная теория сопла Лавалья. Одномерные неустановившиеся движения газов с плоскими, цилиндрическими и сферическими волнами. Автомодельные движения и классы соответствующих задач. Задачи о поршне и о сильном взрыве в газе.
28. Волны Римана. Эффект опрокидывания волн. Адиабата Гюгонио. Теорема Цемплена. Эволюционные и неэволюционные разрывы. Теория волн детонации и горения. Правило Жуге и его обоснование. Задача о структуре сильного разрыва. Качественное описание решения задачи о распаде произвольного разрыва.
29. Плоские стационарные сверхзвуковые течения газа. Метод характеристик. Течение Прандтля-Майера. Косой скачок уплотнения. Обтекание сверхзвуковым потоком газа клина и конуса. Понятие об обтекании тел газом с отошедшей ударной волной.
30. Линейная теория обтекания тонких профилей и тел вращения. Течения с гиперзвуковыми скоростями. Закон сопротивления Ньютона.
31. Электромагнитное поле. Уравнения Максвелла в пустоте. Взаимодействие электромагнитного поля с проводниками. Сила Лоренца. Закон сохранения полного заряда. Закон Ома. Среды с идеальной проводимостью. Вектор и уравнение Умова-Пойнтинга. Джоулево тепло. Уравнения импульса и притока тепла для проводящей среды. Уравнения магнитной гидродинамики. Условия вмороженности магнитного поля в среду. Понятие о поляризации и намагничивании жидкостей.
32. Система определяющих параметров для выделенного класса явлений. Основные и производные единицы измерения. Формула размерностей. П-теорема. Примеры приложений. Определение физического подобия. Моделирование. Критерии подобия. Числа Эйлера, Маха, Фруда. Рейнольдса, Струхала, Прандтля.

МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МЕХАНИКИ СПЛОШНОЙ СРЕДЫ

Оценка качества освоения дисциплины:

Текущий контроль: экспресс-опрос;
 Промежуточная аттестация: контрольная работа;
 Итоговая аттестация: зачет.

Вопросы к зачету:

Билет 1

1. Нарушение гладкости решений гиперболических уравнений. Понятие слабого решения.
2. Схема Годунова.

Билет 2

1. Условия Рэнкина-Гюгонио для систем законов сохранения.
2. Схема Роу.

Билет 3

1. Задача о распаде разрыва и ее решение для линейных систем уравнений.
2. Понятие о монотонных схемах и TVD схемах.

Билет 4

1. Основные понятия о решении задачи Римана для нелинейных систем законов сохранения.
2. Повышение порядка точности разностных схем, ограничители наклона.

Билет 5

1. Понятия аппроксимации, устойчивости и сходимости.
2. Расщепление вектора потоков по Стегеру-Уормингу.

Билет 6

1. Консервативные схемы и теорема Лакса-Вендроффа.
2. Расщепление вектора потоков по ван Лееру.

Билет 7

1. Уравнения Эйлера как гиперболическая система.
2. Метод HLL (Хартена-Лакса-ван Леера) для приближенного вычисления потоков.

Билет 8

1. Условия Рэнкина-Гюгонио для уравнений Эйлера.
2. Понятие об ENO и WENO схемах.

Билет 9

1. Потеря единственности для слабых решений гиперболических систем. Энтропийное условие.
2. WENO схема 5-го порядка.

Билет 10

1. Ударные волны, волны разрежения и контактные разрывы (на примере уравнений газовой динамики).
2. TVD схемы Рунге-Кутты для интегрирования уравнений по времени.

Билет 11

1. Анализ устойчивости разностных схем по фон Нейману.
2. Обобщение TVD схем на многомерный случай и системы законов сохранения.

Билет 12

1. Анализ устойчивости разностных схем с помощью метода дифференциальных приближений
2. Конечнообъемные и конечноразностные ENO/WENO схемы.

Критерии оценки:

- оценка «**зачтено**» – аспирант показал на зачете знание основного материала дисциплины, знаком с основной литературой, предусмотренной программой, демонстрирующий основные знания, умения и владения;

- оценка «**не зачтено**» – аспирант не усвоил основной программный материал дисциплины, допустил принципиальные ошибки при ответе.

СОВРЕМЕННЫЕ МОДЕЛИ МЕХАНИКИ СПЛОШНОЙ СРЕДЫ

Оценка качества освоения дисциплины:

Текущий контроль: экспресс-опрос;

Промежуточная аттестация: решение задач;

Итоговая аттестация: зачет.

Вопросы к зачету:

Задание 1

Формализм Ньютона Система материальных точек. Связи. Основная задача динамики. Идеальные связи. Общее уравнение динамики. Обобщенные координаты. Обобщенные силы. Уравнения Лагранжа второго рода. Потенциальные, гироскопические, диссипативные силы. Теорема об изменении полной энергии.

Задание 2

Формализм Лагранжа. Функция Лагранжа. Обобщенный потенциал. Анализ природы сил, рассматриваемых в формализме Лагранжа

Задание 3

Формализм Гамильтона. Теорема Донкина. Функция Гамильтона. Динамические уравнения. Фазовое пространство. Сохранение фазового объема.

Задание 4

Наблюдаемые. Уравнение динамики наблюдаемых. Скобка Пуассона. Оператор Лиувилля. Алгебра наблюдаемых. Эволюционный вид уравнений движения. Классический пропагатор. Свойства оператора эволюции. Функция распределения. Состояние системы. Чистое состояние. Смешанное состояние. Картина Гамильтона. Картина Лиувилля.

Задание 5

Уравнение Лиувилля. Ансамбль Гиббса. Вывод уравнения Лиувилля, граничные условия, начальные данные. Свойства уравнения Лиувилля: сохранение нормировки, сохранение средней энергии, сохранение глобальной энтропии.

Задание 6

Теория Боголюбова. S- частичная функция распределения; Цепочка кинетических уравнений Боголюбова. Вывод обобщенных уравнений переноса механики сплошных сред.

Задание 7

Теория Больцмана. Вывод уравнения Больцмана. H- теорема Больцмана. Второе начало термодинамики. Локальное распределение Максвелла. Получение и физический анализ уравнений механики сплошных сред при отсутствии источников энтропии. Обобщенное уравнение переноса Энского. Вывод обобщенных уравнений переноса механики сплошных сред.

Задание 8

Физический анализ обобщенных уравнений переноса. Дифференциальный объем. Локальная скорость. Интегральная форма уравнений переноса механики сплошных сред. Внутренняя энергия. Тензор напряжений. Тепловой поток.

Задание 9

Феноменологические приближения. Уравнения Навье-Стокса. Уравнение Эйлера. Уравнения переноса тепловой и механической энергии. Уравнения переноса энтропии. Второе начало термодинамики.

Критерии оценки:

- оценка «**зачтено**» – аспирант показал на зачете знание основного материала дисциплины, знаком с основной литературой, предусмотренной программой, демонстрирующий основные знания, умения и владения;
- оценка «**не зачтено**» – аспирант не усвоил основной программный материал дисциплины, допустил принципиальные ошибки при ответе.

ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИЧЕСКУЮ ГАЗОДИНАМИКУ

Оценка качества освоения дисциплины:

Текущий контроль: контроль посещения лекций, обсуждение с аспирантами практических задач;

Промежуточная аттестация: проведение коллоквиума;

Итоговая аттестация: зачет.

Для оценки достижений аспирантов в ходе изучения дисциплины применяется балльно-рейтинговая система. Рейтинг определяется как сумма оценки деятельности в течение семестра и оценки, полученной на зачете. Продолжительность подготовки к ответу 100 минут. Продолжительность ответа на билет – 10 минут.

Билеты к зачету:

Билет № 1

1. Система уравнений механики сплошной среды. Учет излучения.
2. Релаксационные процессы в газах: вращательная релаксация.

Билет № 2

1. Ударные волны в газовой динамике.
2. Релаксационные процессы в газах: колебательная релаксация.

Билет № 3

1. Изменение энтропии в ударной волне. Оценка толщины ударного перехода.
2. Кинетика ионизационных процессов: ионизация невозбужденных атомов электронным ударом.

Билет № 4

1. Элементарная теория ударной трубы.
2. Кинетика ионизационных процессов: ионизация невозбужденных атомов ударом тяжелых частиц.

Билет № 5

1. Распространении фронта горения в газе, способном к химической реакции.
2. Кинетика ионизационных процессов: фотоионизация и фоторекомбинация.

Билет № 6

1. Ударные волны в реагирующем газе. Детонация.
2. Основные понятия теории переноса излучения. Равновесное излучение и абсолютно черное тело. Учет излучения в уравнениях РГД.

Билет № 7

1. Частота столкновений и средняя длина свободного пробега.
2. Замыкающее уравнение системы уравнений РГД (вывод).

Билет № 8

1. Элементарная кинетическая теория переноса. Коэффициенты диффузии, вязкого трения, проводимости.
2. Излучение плоского слоя.

Билет № 9

1. Столкновение частиц. Сечение рассеяния. Эффективное сечение столкновений.
2. Предельные приближения в теории переноса излучения: однородные модели, приближение Планка.

Билет № 10

1. Потенциалы взаимодействия. Оценка эффективных сечений столкновений.
2. Предельные приближения в теории переноса излучения: диффузионное приближение, приближение Росселанда.

Билет № 11

1. Уточнение моделей переноса: диффузия в смеси двух газов.
2. Предельные приближения в теории переноса излучения: разбиение спектра по оптической плотности. Степени черноты.

Билет № 12

1. Уточнение моделей переноса: теплопроводность.
2. Приближение «серой материи». Многогрупповое приближение для расчета переноса излучения.

Билет № 13

1. Расчет транспортных коэффициентов на основе уравнения Больцмана в “ τ – приближении”. Коэффициенты взаимности Онзагера.
2. Лучеиспускательная способность и коэффициент поглощения тормозного излучения.

Билет № 14

1. Термодинамика и равновесный состав химически реагирующего газа.
2. Фоторекомбинация и фотоионизация.

Билет № 15

1. Диссоциация двухатомных молекул. Равновесный состав газа при наличии химических реакций.

2. Спектральный коэффициент поглощения плазмы в непрерывном спектре.

Билет № 16

1. Расчет состава низкотемпературной плазмы. Снижение потенциала ионизации.
2. Интегральный коэффициент поглощения в непрерывном спектре.

Билет № 17

1. Химические реакции и методы расчета скорости реакции: теория столкновений.
2. Связанно-связанные переходы, спектральный коэффициент поглощения в линии.

Билет № 18

1. Химические реакции и методы расчета скорости реакции: теория переходного состояния.
2. Полосатые спектры молекул.

Критерии оценки:

- оценка «**зачтено**» – аспирант показал на зачете знание основного материала дисциплины, знаком с основной литературой, предусмотренной программой, демонстрирующий основные знания, умения и владения;

- оценка «**не зачтено**» – аспирант не усвоил основной программный материал дисциплины, допустил принципиальные ошибки при ответе.

ГАЗОВАЯ ДИНАМИКА СТАЦИОНАРНЫХ И НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПРОЦЕССОВ

Система контроля включает **текущий** (по ходу семестра) контроль освоения практического материала, а также **зачет**.

Текущий контроль осуществляется в ходе семестра путем проведения контрольных работ и приема обязательных заданий.

Окончательная оценка работы аспиранта в течение семестра происходит на зачете. Зачет проводится в конце семестра по билетам, в устной форме.

Список задач для самостоятельной домашней работы аспирантов по отдельным разделам курса:

Задание 1

1. На чашках весов установлены два одинаковых цилиндрических сосуда с одним и тем же количеством воды. В какой-то момент времени внизу одного из сосудов образуется кольцевая щель, через которую вода начинается выливаться симметрично относительно продольной оси сосуда, не касаясь чашек весов. Качественно показать движения весов.
2. В поверхность жидкости плотностью ρ под внешним давлением P_0 , в поле тяжести с ускорением g входит вихревая линия с циркуляцией Γ . Найти форму воронки в жидкости.
3. Водяные часы «клепсидры» имеют форму вертикального сужающегося цилиндрического сосуда с отверстием площадью s внизу. Найти форму сосуда (зависимость его радиуса от осевой координаты) чтобы уровень воды смещался вниз с постоянной скоростью.
4. Согнутая трубка заполнена водой. Трубка опирается своим углом на поверхность таким образом, что ось одного ее плеча составляет с поверхностью угол α , а другого – β . Вода залита до высоты h над поверхностью. Найти период колебаний воды в трубке после отклонения уровней воды от равновесного значения.
5. В вертикально расположенной трубе конической формы с коэффициентом конусности α вниз стационарно течет жидкость. Верхний уровень жидкости поддерживается постоянным, а через нижний конец трубы радиусом r жидкость постоянно стекает вниз. Расстояние между верхним уровнем и нижним концом трубы равно h . Найти распределение давления на стенки трубы в направлении ее оси.

6. В цилиндрическом сосуде налита жидкость до высоты h_0 . Затем сосуд вместе с жидкостью приводится во вращение с частотой ω и у его дна открывается небольшое отверстие, через которое жидкость выливается наружу. Найти скорость истечения жидкости из сосуда.
7. В первоначально пустой цилиндрический сосуд с площадью основания S с высоты H стекает струя жидкости с секундным расходом Q . Найти зависимость от времени силы действующей на основание сосуда.
8. В сосуде с круглым отверстием в дне радиуса r вниз истекает струя жидкости. При этом уровень жидкости в сосуде поддерживается постоянным и равен H . Найти зависимость радиуса струи от расстояния от дна сосуда.
9. В вертикальном замкнутом цилиндрическом сосуде с площадью основания S и высотой H налита жидкость до высоты h_0 . Остальное пространство сосуда заполнено воздухом с давлением P_0 . У дна сосуда открывается отверстие с сечением σ и жидкость начинает выливаться. Найти зависимость скорости истечения жидкости от времени.
10. Вертикальный цилиндр с откаченным от воздуха объемом, площадью основания S и высотой H погружен под действием постоянной силы в жидкость на глубину h_0 . Внизу цилиндра открывается отверстие с площадью σ и жидкость начинает поступать внутрь цилиндра. За какое время цилиндр полностью погрузится в жидкость?
11. Показать, что течение типа пограничного слоя является вихревым.
12. Показать, что течение типа вихревой точки является потенциальным.
13. Описать процедуру поиска положения центра вихря с помощью термоанемометра используя теорему Стокса.
14. Получить уравнения для линий тока и потенциала для течения образованного совмещением центров источника с расходом Q и вихревой точки с циркуляцией Γ , качественно нарисовать их.
15. На источник с расходом Q натекает равномерный поток со скоростью u_∞ . Найти положение точки остановки и уравнение нулевой линии тока, исходящей из точки остановки.
16. Дипольный источник величиной m перпендикулярен натекающему равномерному потоку со скоростью u_∞ . Найти положение точки остановки.
17. Найти точку остановки при обтекании вихревой точки с циркуляцией Γ равномерным потоком со скоростью u_∞ .
18. Найти точку остановки при обтекании двух одинаковых источников с расходом Q потоком со скоростью u_∞ , если соединяющая их линия перпендикулярна равномерному набегающему потоку, расстояние между источниками $2h$.
19. Найти точку остановки при обтекании равномерным потоком со скоростью u_∞ двух одинаковых противовращающихся вихревых точек с циркуляцией Γ , расположенных на линии перпендикулярной потоку. Расстояние между источниками $2h$.
20. Пусть тонкий профиль в виде сегмента круга обтекается равномерным потоком без угла атаки. В приближении малости возмущения потока, с помощью уравнения Бернулли показать, что его подъемная сила описывается формулой Жуковского.
21. Нарисовать качественную зависимость скорости от координаты вдоль поверхности треугольника, обтекаемого потоком идеальной несжимаемой жидкости со скоростью u_∞ .
22. В безграничной несжимаемой жидкости плотностью ρ и давлением P_0 имеется сферическая полость начального радиуса a . В некоторый момент времени она начинает схлопываться с начальной скоростью жидкости на ее границе u_1 . Найти величину максимального давления жидкости при схлопывании сферической полости.

Задание 2

1. Из бесконечно большого замкнутого объема наполненного газом с параметрами P_0 , ρ_0 через отверстие площадью S газ стационарно вытекает в пространство с давлением P .

- Найти зависимость расхода от отношения P_0/P и нарисовать качественно эту зависимость.
2. Через геометрическое сопло текут два слоя несмешивающихся газов с показателями адиабаты γ_1 и γ_2 . Найти условия на давления торможения для этих газов, когда они оба достигнут сверхзвуковой скорости.
 3. Найти связь между углом падения и преломления звука на границе разделяющей две изотермические области с разными скоростями течения, области с нулевой скоростью, но разными температурами.
 4. В торце длинного узкого цилиндрического объема находящегося в вакууме мгновенно возникает отверстие и через него начинает истекать газ. Качественно нарисовать график расхода газа от времени.
 5. В боковой стенке длинного узкого цилиндрического объема находящего в вакууме мгновенно возникает отверстие и через него начинает истекать газ. Качественно нарисовать график расхода газа от времени, если отверстие смещено относительно поперечной оси симметрии объема.
 6. Дать физическое объяснение тому, что максимальная скорость нестационарного истечения больше максимальной скорости стационарного истечения газа.
 7. Тупое тело движется в газе с давлением P_∞ и плотностью ρ_∞ со скоростью U_∞ . Найти давление в лобовой точке тела для случая $M_\infty \ll 1$ и $M_\infty \gg 1$.
 8. Преобразовать условия на скачке уплотнения из системы, связанной с ударной волной, в лабораторную систему.
 9. Трубка полного давления движется из потока за прямым скачком уплотнения в поток перед ним. Нарисовать качественный график давления P'_0 .
 10. Найти отношение давления после и давления перед отраженной от стенки ударной волны для случая $M_\infty \gg 1$ и $M_\infty \cong 1$.
 11. На свободную границу падает волна сжатия и волна разрежения. Качественно описать картины течения.
 12. Из плоского сопла истекает недорасширенная струя. Качественно описать границу струи, форму и положения ударных волн, объяснить причины их появления и поведения.
 13. Из плоского сопла истекает перерасширенная струя. Качественно описать границу струи, форму и положения ударных волн, объяснить причины их появления и поведения.
 14. Симметричное ромбовидное крыло под нулевым углом атаки в сверхзвуковом потоке медленно догоняет прямой скачок уплотнения. Показать, что после вхождения задней кромки этого крыла в скачок он будет совершать продольные колебания относительно линии своего движения, не обгоняя и не отставая от него (эффект поплавок).
 15. Клин с двумя углами сжатия обтекается сверхзвуковым потоком. Дать качественное описание возникающего поля течения.
 16. Торце продольного потоку цилиндра обтекается гиперзвуковым потоком. Найти угол наклона ударной волны и продольное распределение давления вблизи торца цилиндра в приближении взрывной аналогии.

Билеты к зачету:

1. Основные понятия в газовой динамике идеального газа. Взрывная аналогия гиперзвукового обтекания тел.
2. Уравнения сохранения. Нестационарная аналогия гиперзвукового обтекания тел.
3. Типы движений сплошной среды. Первая теорема Гельмгольца.
4. Теорема Стокса о циркуляции, вторая теорема Гельмгольца. Уравнение Бернулли.
5. Метод ТФКП в газовой динамике. Линейная теория дозвукового обтекания крыла.
6. Элементарные двумерные течения. Линейная теория сверхзвукового обтекания крыла.
7. Обтекание цилиндра без - и с циркуляцией. Соотношения на скачке.

8. Теорема Жуковского о подъемной силе крыла. Зависимости газодинамических параметров от числа Маха за скачком уплотнения.
9. Подъемная сила крыла, гипотеза Чаплыгина-Жуковского. Изоэнтропические соотношения.
10. Бесконечно малые и конечные возмущения, инварианты Римана. Элементарная теория сопла Лавваля.
11. Возникновение ударной волны. Нестационарное течение в центрированных волнах разрежения.
12. Косые скачки уплотнения, ударная поляра. Взаимодействие скачков друг с другом и границей.
13. Течение Прандтля-Майера. Метод характеристик.
14. Взаимодействие возмущений со скачком уплотнения. Ударная труба и трубка Пито.
15. Изменение энтропии в скачках уплотнения. Основные свойства ударной адиабаты.

Дополнительные вопросы на зачете:

Что такое идеальный, совершенный газ, какой физической реальности это соответствует?

Применимо ли уравнение Бернулли к вихревому движению?

Что такое правило Прандтля – Глауэрта?

Что такое соотношение Эккерета?

Почему крыло бесконечного размаха не имеет сопротивления, а конечного имеет?

Какого типа могут быть сопла, позволяющие разогнать газ?

Зачем была необходима гипотеза Чаплыгина – Жуковского?

Зачем Риманом была введена функция давления?

Какое преимущество дает применение метода ТФКП по сравнению с прямым решением уравнений Эйлера?

Как построить угол наклона ударной волны на клине с помощью ударной поляры?

Почему максимальная скорость нестационарного движения больше максимальной скорости стационарного?

Как графически показать, что энтропия в ударной волне возрастает?

Как рассчитать параметры потока в течении Прандтля-Майера для начального числа Маха больше 1 пользуясь таблицами, где все приведено для начального числа Маха равном 1?

Как с помощью циркуля и линейки построить угол Маха для заданной скорости звука и скорости движения тела?

Почему в реальном полете при скорости близкой к скорости звука аэродинамические коэффициенты не уходят в бесконечность, как предсказывает линейная теория?

Как графически проиллюстрировать образование ударной волны в задаче о поршне?

Что такое теорема Цемплена и что она говорит о форму ударной адиабаты?

Как ведет себя линии тока в течении Прандтля-Майера?

В каком соотношении делится работа сжатия газа в ударной волне между кинетической и внутренней энергией?

Критерии оценки:

- оценка «**зачтено**» – аспирант показал на зачете знание основного материала дисциплины, знаком с основной литературой, предусмотренной программой, демонстрирующий основные знания, умения и владения;

- оценка «**не зачтено**» – аспирант не усвоил основной программный материал дисциплины, допустил принципиальные ошибки при ответе.

ДИНАМИКА ВЯЗКОГО ГАЗА, ТУРБУЛЕНТНОСТИ И СТРУЙ

Текущий контроль. Осуществляется контроль посещения лекций. Предусмотрено проведение коллоквиума, который проводится в середине семестра. Часть времени на лекциях отводится обсуждению со аспирантами практических задач.

В начале каждого практического занятия проводится короткий опрос аспирантов по теме занятия с целью выявить уровень их подготовки. Оценивается активность аспиранта на семинаре и подготовка его к занятию.

Итоговый контроль: зачет

К зачету допускаются аспиранты, активно работавшие в течение семестра. Зачет проводится в устной форме. На зачете аспиранту предлагается устно ответить на теоретический вопрос, указанный в билете и решить задачу. Продолжительность подготовки к ответу 100 минут. Продолжительность ответа на билет – 10 минут.

Билеты к зачету:

№1

1. Течение Хегена-Пуазейля в трубе.
2. Понятие о нейтральной кривой.

№2

1. Осредненные и пульсационные величины. Уравнения Рейнольдса.
2. Касательные напряжения и отрыв пограничного слоя.

№3

1. Гидродинамическая теория смазки.
2. Способы управления в пограничном слое.

№4

1. Уравнения Прандтля. Общие свойства пограничного слоя.
2. Понятия о турбулентном движении.

№5

1. Пограничный слой на пластине. Задача Блазиуса.
2. Влияние шероховатости на сопротивление труб, песочная шероховатость.

№6

1. Решения Фонкера-Скэн.
2. Свободная турбулентность (общие положения).

№7

1. Спутное течение вдали от пластины (ламинарное).
2. Переход и его связь с устойчивостью.

№8

1. Уравнение Лайтхилла. Шум турбулентных струй.
2. Обтекание шара (поправка Озеена).

№9

1. Стационарный пограничный слой на пластине в газовом потоке. Преобразования Дородницына. Интеграл Крокко.
2. Закон подобия Рейнольдса как следствие уравнений движения.

№10

1. Метод малых возмущений. Уравнение Орра-Зоммерфельда.
2. Понятие толщины потери импульса и толщины вытеснения, их физический смысл.

№11

1. Осредненные и пульсационные величины. Уравнение Рейнольдса.
2. Касательные напряжения и срыв пограничного слоя.

№12

1. Степенные законы распределения скоростей для турбулентных течений. Их связь с законом сопротивлений Блазиуса.
2. Понятие пограничного слоя, его общие свойства.

№13

1. Универсальный закон сопротивления для гладких труб при больших числах Рейнольдса.
 2. Пространственный пограничный слой на скользящем крыле.
- №14**
1. Турбулентный пограничный слой на пластине. Однопараметрический расчет на основе степенного распределения для скоростей.
 2. Ползущие движения (общие положения, постановка задачи).
- №15**
1. Свободная турбулентность. Спутное течение позади решетки из стержней.
 2. Осесимметричный слой. Переменные Степанова-Манглера.
- №16**
1. Универсальные законы распределения скоростей для больших чисел Рейнольдса.
 2. Законы подобия.
- №17**
1. Обтекание шара (задача Стокса).
 2. «Путь перемешивания Прандтля».
- №18**
1. Свободная турбулентность. Развитие во времени слоя раздела.
 2. Основные идеи приближенного метода решения уравнений пограничного слоя.
- №19**
1. Свободная турбулентность. Плоский след.
 2. Уравнения пограничного слоя в газе. Пределы применимости.

Перечень дополнительных вопросов

1. Физический смысл отдельных членов уравнений движения и уравнения энергии. Типы граничных условий. Критерии подобия.
2. Примеры слоистых течений. Расчет течения в кольцевом зазоре.
3. Основы подхода к расчету очень вязких течений. Физическое объяснение эффекта гидродинамической смазки. Оценить скорость снижения облака мелкодисперсных капель.
4. Основные допущения при выводе уравнений пограничного слоя. Полученные преимущества и упрощения. Физический смысл интегральных толщин пограничного слоя. Физические причины отрыва пограничного слоя. Асимптотический пограничный слой отсасывания.
5. Закон Блазиуса для сопротивления плоской пластины.
6. Приближенная оценка сопротивления плоской пластины на основе метода Кармана - Польгаузена.
7. Оценить влияние числа Маха на толщину пограничного слоя.
8. Объяснить причины появления поперечных токов пограничного слоя на скользящем крыле. Оценить толщину пограничного слоя на конусе в газовом сверхзвуковом потоке.
9. Пределы применимости решения для ламинарного следа.
10. Линеаризация уравнений движения. Понятие нейтральной кривой. Собственные числа задачи гидродинамической устойчивости. Ламинарно-турбулентный переход пограничного слоя как следствие его неустойчивости.
11. Турбулентная вязкость. Ламинарный подслой. Физический смысл “длины пути смещения” у Прандтля. Гипотеза подобия турбулентных течений Кармана. Логарифмические законы распределения скоростей в турбулентных течениях. Кривые Никурадзе. Сопротивление плоской пластины с турбулентным пограничным слоем.
12. Примеры течений со свободной турбулентностью.
13. Структура недорасширенных, перерасширенных и расчетных струй.

Задачи к зачету:

Задача 1.

Рассматривается течение между двумя пластинами. На нижней пластине укреплен плавающий элемент – аэродинамические весы, измеряющие касательную силу. Пусть R – радиус чувствительного элемента, $2h$ – расстояние между пластинами, p_1 и p_2 – давление в зазоре в передней и задней точках элемента. Найти силу, которую покажут весы.

Задача 2.

Рассматривается течение между двумя неподвижными пластинами с одинаковой

температурой T_0 . Течение осуществляется за счет перепада давления $\frac{dp}{dx} = p'$. Найти

распределение температуры и максимальную температуру в потоке.

Задача 3.

Рассмотреть течение в кольцевом зазоре между двумя трубами радиуса R_1 и R_2 .

Перепад давления Δp на длине трубы l задан. Найти распределение скорости в зазоре.

Задача 4.

В вертикальную трубу с внутренним радиусом R , заполненную вязкой жидкостью, вставлен невесомый цилиндр длиной L , радиусом меньшим R на величину h . При этом выполняются следующие неравенства: $L \gg R$ и $h \ll R$. Найти стационарную скорость всплывания цилиндра в трубе U .

Задача 5.

Облако мелкодисперсных частиц радиусом R равномерно опускается на землю. Оценить скорость снижения облака в зависимости от числа Рейнольдса Re .

Задача 6.

Найти положение максимума давления на опору в клиновидном зазоре (рис.8), если его высота определяется соотношением $h(x) = \delta(a-x)$.

Задача 7.

Две параллельные, круглые пластинки радиуса R расположены одна над другой на малом расстоянии h друг от друга и пространство между ними заполнено жидкостью. Пластинки сближаются со скоростью u , вытесняя жидкость. Найти силу сопротивления сближению пластинок.

Задача 8.

В случае равномерного отсоса пограничного слоя на пластине образуется асимптотический профиль отсасывания, не зависящий от продольной координаты. Определить профиль скорости, интегральные толщины пограничного слоя и напряжение трения.

Задача 9.

Определить наименьший темп роста давления, при котором может произойти отрыв потока.

Задача 10.

Определить толщину потери энергии в пограничном слое $\Theta^* = \int_0^{\delta} u(1 - u^2) dy$, где $u =$

u^*/U . Вывести уравнение для $\Theta^*(x)$.

Задача 11.

Рассчитать пограничный слой на пластине приближенно. Аппроксимировать распределение скорости в пограничном слое выражением $u = A \sin(By+C)$.

Задача 12.

Рассчитать пограничный слой в критической точке приближенно. Аппроксимировать распределение скорости в пограничном слое полиномом второй степени.

Задача 13.

Применить метод Польгаузена для течения над плоской пластиной $V(x) = V$, получить интегральные характеристики пограничного слоя.

Задача 14.

Вывести зависимость интегральных толщин пограничного слоя от числа Маха для теплоизолированной пластины. Считать, что число Прандтля $Pr = 1$, а $\mu = T$.

Задача 15.

Два сверхзвуковых потока с температурами торможения T_{0I} , T_{0II} и числом Маха M_I , M_{II} разделены тонкой пластиной. Оценить температуру пластины. Параметры торможения заданы, число Прандтля $Pr = 1$ и $\mu = T$. Дополнительное условие $Re_{11} = \frac{u_1}{\nu_1} = \frac{u_2}{\nu_2} = Re_{12}$

Задача 16.

Тонкая пластина с температурой T_w обтекается сверхзвуковым потоком с числом Маха M и температурой торможения T_0 . Найти максимальную температуру в пограничном слое.

Задача 17.

Найти какому плоскому течению соответствует течение в окрестности критической точки, где $r(x) = x$; $U(x) = u_1 x$.

Задача 18.

Доказать неустойчивость к малым возмущениям тангенциального разрыва между двумя слоями невязкой несжимаемой жидкости текущими с разными скоростями.

Задача 19.

Вывести коэффициент сопротивления гладкой трубы для степенного распределения скорости. Показать, что при $n = 1/7$ получим закон Блазиуса.

Задача 20.

Найти распределение скорости на удаленном расстоянии за системой равноотстоящих стержней, исходя из выражения для турбулентного напряжения

$$\tau = \rho b \kappa (U_{\max} - U_{\min}) \frac{\partial U}{\partial y}.$$

Задача 21.

Найти распределение скорости на удаленном расстоянии от тела толщиной d . В

качестве турбулентного напряжения использовать формулу Прандтля $\tau = \rho l^2 \left(\frac{\partial u}{\partial y} \right)^2$.

Критерии оценки:

- оценка «зачтено» – аспирант показал на зачете знание основного материала дисциплины, знаком с основной литературой, предусмотренной программой, демонстрирующий основные знания, умения и владения;
- оценка «не зачтено» – аспирант не усвоил основной программный материал дисциплины, допустил принципиальные ошибки при ответе.

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Оценка качества освоения дисциплины:

Текущий контроль: семинары, на которых обсуждается пройденный материал;
Промежуточная аттестация: разбор конкретных ситуаций, решение практических задач;
Итоговая аттестация: зачет.

Вопросы к зачету:

1. Основные параметры оптического излучения. Общие принципы оптической диагностики потоков.

2. Распространение оптического пучка в среде (поглощение, изменение фазы, рефракция, поляризация).
3. Рассеяние света. Модель элементарного рассеивателя. Рэлеевское рассеяние.
4. Особенности резонансного взаимодействия излучения с веществом.
5. Лазерно-индуцированная флуоресценция
6. Глаз как приемник оптического излучения.
7. Приемники на основе внешнего фотоэффекта (фотоэлементы, ФЭУ).
8. Приемники на основе внутреннего фотоэффекта (фотодиоды).
9. Тепловые источники сплошного спектра. Истинная, яркостная и цветовая температура
10. Лазеры: Физические принципы работы и основные параметры.
11. Лазеры: Модовый состав излучения. Аксиальные и поперечные моды. Методы и схемы селекции мод.
12. Лазеры: Модуляция добротности - метод повышения мощности излучения. Рубиновый лазер.
13. Тепловые источники сплошного спектра. Понятие абсолютно черного тела. Спектральное распределение излучения.
14. Общие принципы применения рассеяния света для измерения температуры
15. Теневые и шлирен-методы визуализации течений
16. Лазерная доплеровская анемометрия. Основы метода.
17. Лазерная доплеровская анемометрия. ЛДА на фотосмещении.
18. ЛДА с прямым спектральным анализом.
19. Общие принципы применения рассеяния света для измерения скорости и парциальной концентрации
20. Схемы уровней и их заселение в условиях термодинамического равновесия.
21. Панорамные измерители скорости потоков. Основы методов. PIV и PTV.

Критерии оценки:

«зачет» заслуживает аспирант, показавший на зачете знание основного материала дисциплины, знакомый с основной литературой, предусмотренной программой, демонстрирующий основные знания, умения и владения;

«незачет» выставляется аспиранту, не усвоившему основной программный материал дисциплины, допустивший принципиальные ошибки при ответе.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЙ ВЯЗКОГО ТЕПЛОПРОВОДНОГО ГАЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО ПАКЕТА ANSYS FLUENT

Оценка качества освоения дисциплины:

Текущий контроль: сдача заданий в течение семестра.

Промежуточная аттестация: зачет.

Задания к зачету:

ЗАДАНИЕ 1

Провести расчёты несжимаемой жидкости в изогнутой трубе с параболическим профилем скорости на входной границе. Проанализировать влияние входного граничного условия на структуру течения внутри трубы. Объяснить полученный результат.

Рассмотреть течение вязкой жидкости в трубе с тремя входными каналами. Задать линейное распределение температуры стенки трубы вдоль одной из осей.

Контрольные вопросы. Для чего необходимо выполнять сгущение расчетной сетки к стенкам трубы (построение призматических слоев)?

ЗАДАНИЕ 2

Выполнить численное моделирование обтекания профиля крыла в двумерной постановке. Вычислить подъемную силу. Исследовать местоположение отрывных зон и скачков уплотнения в зависимости от угла атаки.

Контрольные вопросы. Объяснить выбор размеров расчетной области и её отличие от случая сверхзвуковых течений.

ЗАДАНИЕ 3

Провести расчет гиперзвукового обтекания плоской пластины потоком азота. Определить положение ударной волны и толщину пограничного слоя на пластине.

Провести аналогичные расчеты для затупленной пластины.

Контрольные вопросы. Объяснить выбор размеров расчетной области и её отличие от случая дозвуковых течений.

ЗАДАНИЕ 4

Выполнить моделирование течения газа в трубе с участком пористой среды. Выполнить аналогичное моделирование без пористого участка. Сравнить полученные результаты.

Контрольные вопросы. Какие свойства пористой среды можно учитывать при моделировании?

ЗАДАНИЕ 5

Провести численное моделирование осаждения на вращающуюся подложку в CVD-камере. Выполнить аналогичное моделирование с удвоенным массовым расходом на входной границе. Сравнить полученные результаты, рассчитать долю осаждаемого материала и оценить толщину получаемой пленки в обоих случаях.

Контрольные вопросы. Критерий сходимости к стационарному решению и способы уменьшения времени расчета.

ЗАДАНИЕ 6

Выполнить расчет гиперзвукового обтекания цилиндра/пластины потоком азота с учетом термической неравновесности. Провести дополнительный расчет при существенно меньшей температуре торможения. Сопоставить полученные результаты с результатами расчета без учета неравновесности.

Контрольные вопросы. Каким образом связываются уравнения на сохранение колебательной и поступательно-вращательной энергии?

Критерии оценки:

- оценка «**зачтено**» – аспирант показал на зачете знание основного материала дисциплины, знаком с основной литературой, предусмотренной программой, демонстрирующий основные знания, умения и владения;
- оценка «**не зачтено**» – аспирант не усвоил основной программный материал дисциплины, допустил принципиальные ошибки при ответе.

ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА

Оценка прохождения педагогической практики аспирантом проводится руководителем семинара на основании отчета по практике, подготовленного аспирантом и отзыва научного руководителя.

Критерии оценки:

- оценка «**зачтено**» – план учебных занятий педагогической практики (план проведения практики) выполнен полностью, отзыв научного руководителя положительный, аспирант приобрел необходимые знания и умения, сформировал владение необходимыми навыками.

- оценка «не зачтено» – при выполнении одного из следующих условий: план учебных занятий педагогической практики (план проведения практики) выполнен не полностью, отзыв научного руководителя отрицательный, аспирант приобрел не все необходимые знания и умения или не полностью сформировал владение необходимыми навыками.

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ПРАКТИКА

Оценка прохождения практики аспирантом проводится научным руководителем на основании отчета по практике, подготовленного аспирантом.

Критерии оценки:

- оценка «зачтено» – план научно-исследовательской практики выполнен полностью и навыки сформированы в полном объеме.
- оценка «не зачтено» – план научно-исследовательской практики выполнен не полностью и (или) навыки сформированы не в полном объеме.

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА

Оценку научно-исследовательской деятельности аспиранта за каждый период обучения дает научный руководитель и вносит ее в раздел книжки “Индивидуальный учебный план аспиранта”, посвященный аттестации аспиранта за прошедший период обучения.

Представленные отчетные материалы рассматриваются на заседании аттестационной комиссии, и председатель комиссии выставляет зачет по следующим критериям

зачёт – Запланированные научные исследования выполнены в полном объеме, научный руководитель рекомендует продолжить научно-исследовательскую деятельность и обучение в аспирантуре.

незачёт – В случае верности одного из следующих утверждений: план на текущее полугодие выполнен не полностью, аспирант не показал ответственного отношения к научно-исследовательской деятельности, не овладел основными теоретическими вопросами, умениями и навыками, научный руководитель дал отрицательную оценку научно-исследовательской деятельности аспиранта за период аттестации.

ПОДГОТОВКА НАУЧНО-КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ (ДИССЕРТАЦИИ) НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

Подготовка научно-квалификационной работы (диссертации) на соискание ученой степени кандидата наук оценивается два раза в год (за исключением второго семестра последнего года обучения) перед прохождением промежуточной аттестации научным руководителем, который подписывает оценку выполнения плана на семестр. Оценка научного руководителя рассматривается на заседании аттестационной комиссии и председатель комиссии (заведующий кафедрой ТПМ) выставляет зачет по подготовке научно-квалификационной работы (диссертации) на соискание ученой степени кандидата наук по следующим критериям:

зачёт – план подготовки научно-квалификационной работы (диссертации) на соискание ученой степени кандидата наук выполнен в полном объеме.

незачёт – план подготовки научно-квалификационной работы (диссертации) на соискание ученой степени кандидата наук не выполнен в полном объеме.

Зам. директора ИТПМ СО РАН



Е.А. Бондарь