

ИНСТИТУТ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ЭЛЕКТРОНИКЕ, СПИНТРОНИКЕ И ФОТОНИКЕ
КАФЕДРА МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО НТС ИНТЭЛ

Протокол № 2

от 26.04.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ГИДРОДИНАМИКА

Направление подготовки
(специальность)

[1] 03.03.01 Прикладные математика и физика

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экс./зач./КР/КП
6	3	108	15	30	0		27	0	Э
Итого	3	108	15	30	0	0	27	0	

АННОТАЦИЯ

Курс излагается как часть теоретической физики и последовательно знакомит студентов с теорией течения вязких жидкостей: изучение основных уравнений и классических задач гидродинамики, теории пограничного слоя, турбулентных режимов течения жидкости. Каждая тема сопровождается физическими объяснениями и подробными выводами соответствующих уравнений.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

- освоение системы основных уравнений вязкого течения жидкостей и классических задач гидродинамики;
- приобретение навыков расчета параметров гидродинамических систем, движения вязких жидкостей, методики расчета ламинарных и турбулентных режимов течений;
- освоение новых методов расчета современных установок для разделения изотопов;

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Теория гидродинамических систем занимает важное место в освоение практических методик расчета гидродинамических задач, возникающих в научно исследовательской и инженерно – внедренческой работе инженера-физика. Наряду со знаниями основ теории движения вязких несжимаемых жидкостей, студенты получают практические навыки расчета гидродинамических систем.

Уровень сложности теоретических и практических заданий полностью соответствует требованиям государственного образовательного стандарта по курсам «Дифференциальная геометрия», «Уравнения математической физики», цикла курсов «Общая физика», курсов «Теоретическая механика», «Статистическая физика», «Теория упругости», «Физическая кинетика», «Экспериментальная физика твердого тела», «Техника физического эксперимента».

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			

<p>Участие в проведении теоретических исследований, построении физических, математических и компьютерных моделей изучаемых процессов и явлений, в проведении аналитических исследований в предметной области по профилю специализации</p>	<p>Природные и социальные явления и процессы</p>	<p>ПК-3.1 [1] - Способен применять физико-теоретические концепции, аналитические методы, методы обработки экспериментальных данных в области физики кинетических явлений</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011, 40.044, 40.104</p>	<p>З-ПК-3.1[1] - Знать физико-теоретические концепции, аналитические методы, методы обработки экспериментальных данных в области физики кинетических явлений; У-ПК-3.1[1] - Уметь применять физико-теоретические концепции, аналитические методы, методы обработки экспериментальных данных в области физики кинетических явлений; В-ПК-3.1[1] - Владеть аналитическими методами, методами обработки экспериментальных данных в области физики кинетических явлений</p>
<p>Участие в проведении теоретических исследований, построении физических, математических и компьютерных моделей изучаемых процессов и явлений, в проведении аналитических исследований в предметной области по профилю специализации</p>	<p>Природные и социальные явления и процессы</p>	<p>ПК-3.2 [1] - Способен применять методы математической и теоретической физики, методы математического и компьютерного моделирования процессов в области физики кинетических явлений</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011, 40.044, 40.104</p>	<p>З-ПК-3.2[1] - Знать методы математической и теоретической физики, методы математического и компьютерного моделирования процессов в области физики кинетических явлений; У-ПК-3.2[1] - Уметь применять методы математической и теоретической физики, методы математического и компьютерного моделирования процессов в области физики кинетических явлений; В-ПК-3.2[1] - Владеть методами математической и</p>

			теоретической физики, методами математического и компьютерного моделирования процессов в области физики кинетических явлений
--	--	--	--

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (В17)	<p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования чувства личной ответственности за достижение лидерства России в ведущих научно-технических секторах и фундаментальных исследованиях, обеспечивающих ее экономическое развитие и внешнюю безопасность, посредством контекстного обучения, обсуждения социальной и практической значимости результатов научных исследований и технологических разработок.</p> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования социальной ответственности ученого за результаты исследований и их последствия, развития исследовательских качеств посредством выполнения учебно-исследовательских заданий, ориентированных на изучение и проверку научных фактов, критический анализ публикаций в профессиональной области, вовлечения в реальные междисциплинарные научно-исследовательские проекты.</p>
Профессиональное	Создание условий,	Использование

воспитание	обеспечивающих, формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (B18)	воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (B19)	<p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа», «Проектная практика», «Научный семинар» для:</p> <ul style="list-style-type: none"> - формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований. <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин "История науки и инженерии", "Критическое мышление и основы научной коммуникации", "Введение в специальность", "Научно-исследовательская работа", "Научный семинар" для:</p> <ul style="list-style-type: none"> - формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед; - формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок

		<p>появления тех или иных открытий и теорий.</p>
<p>Профессиональное воспитание</p>	<p>Создание условий, обеспечивающих, формирование творческого инженерного/профессионального мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности (B22)</p>	<p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР.</p> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.</p>

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары)/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>6 Семестр</i>						
1	Система уравнений гидродинамики. Граничные условия	1-7	7/14/0		25	Т-7	З-ПК-3.1, У-ПК-3.1, В-ПК-3.1, З-ПК-3.2, У-ПК-3.2, В-ПК-3.2
2	Бинарные смеси. Турбулентность. Пограничный слой.	8-15	8/16/0		25	БДЗ-15	З-ПК-3.1, У-ПК-3.1, В-ПК-3.1, З-ПК-3.2, У-ПК-3.2, В-ПК-3.2
	<i>Итого за 6 Семестр</i>		15/30/0		50		
	Контрольные мероприятия за 6 Семестр				50	Э	З-ПК-3.1, У-ПК-3.1, В-ПК-3.1, З-ПК-3.2,

							У- ПК- 3.2, В- ПК- 3.2
--	--	--	--	--	--	--	---------------------------------------

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
Т	Тестирование
БДЗ	Большое домашнее задание
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>6 Семестр</i>	15	30	0
1-7	Система уравнений гидродинамики. Граничные условия	7	14	0
1	Приближение сплошной среды. Методы Эйлера и Лагранжа описания Физическая структура жидкостей и газов. Приближение сплошной среды и его пределы применимости. Методы Эйлера и Лагранжа	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	Идеальная несжимаемая жидкость. Уравнение непрерывности Приближение несжимаемой жидкости. Пределы применимости приближения несжимаемой жидкости. Уравнение непрерывности.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
3	Баланс импульса идеальной жидкости. Уравнение Эйлера Тензор плотности потока импульса в идеальной жидкости. Уравнение Эйлера	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	Поток энергии идеальной жидкости. Уравнение Бернулли Поток энергии идеальной жидкости. Понятие о линиях тока. Уравнение Бернулли	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
5	Вязкая жидкость. Уравнение Навье-Стокса Вязкая жидкость. Гипотеза Ньютона. Тензор вязких напряжений. Баланс импульса вязкой жидкости. Уравнение Навье-Стокса	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
6	Баланс энергии в вязкой жидкости. Уравнение баланса энергии	Всего аудиторных часов		
		1	2	0

	Диссипация энергии в вязкой несжимаемой жидкости. Поток энергии в вязкой жидкости. Уравнение баланса энергии. Общее уравнение переноса тепла.	Онлайн	0	0	0
7	Система уравнений гидродинамики. Граничные условия Система уравнений гидродинамики: уравнения непрерывности, Навье-Стокса, баланса энергии. Краевая задача и задача Коши. Граничные условия	Всего аудиторных часов	1	2	0
		Онлайн	0	0	0
8-15	Бинарные смеси. Турбулентность. Пограничный слой.		8	16	0
8 - 9	Уравнения гидродинамики для бинарной жидкой смеси Бинарная жидкая смесь. Способы описания течения бинарной жидкой смеси. Диффузия. Термодиффузия. Бародиффузия. Уравнения баланса массы, импульса и энергии в бинарной жидкой смеси.	Всего аудиторных часов	2	4	0
		Онлайн	0	0	0
10	Точно решаемые задачи гидродинамики Течение Пуазейля. Течение Куэтта. Течение несжимаемой жидкости между двумя вращающимися цилиндрами. Увлечение жидкости вращающимся диском. Радиальное распределение бинарной жидкой смеси, вращающейся с постоянной угловой скоростью	Всего аудиторных часов	1	2	0
		Онлайн	0	0	0
11	Турбулентность. Часть 1 Устойчивость стационарного движения жидкости. Устойчивость вращательного движения жидкости. Вихри Тейлора.	Всего аудиторных часов	1	2	0
		Онлайн	0	0	0
12 - 13	Турбулентность. Часть 2 Развитая турбулентность. Среднеполевой подход. Тензор напряжений Рейнольдса. Цепочка Фридмана-Келлера. Модели турбулентности. Закон Колмогорова-Обухова.	Всего аудиторных часов	2	4	0
		Онлайн	0	0	0
14 - 15	Пограничный слой Ламинарный пограничный слой. Уравнение Прандтля. Пограничный слой при обтекании полубесконечной пластины. Устойчивость течения в ламинарном пограничном слое. Логарифмический профиль скоростей. Кризис сопротивления.	Всего аудиторных часов	2	4	0
		Онлайн	0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>6 Семестр</i>
1 - 2	Введение Макроскопические малый объем, установление термодинамического равновесия, приближение сплошной среды, описание системы жидких частиц методом Лагранжа. Математический аппарат гидродинамики. Физические поля скаляр, вектор, тензор. Объемный и поверхностный интеграл, градиент, дивергенция, ротор.
3 - 4	Гидродинамика идеальной жидкости Уравнение Эйлера. Уравнение Бернулли. Уравнения гидродинамики во вращающейся системе отсчета. Уравнения гидродинамики в поле тяжести.
5 - 7	Гидродинамика вязкой жидкости Уравнение Навье-Стокса. Уравнение баланса энергии. Общее уравнение переноса тепла.
8 - 9	Гидродинамика бинарной жидкой смеси Уравнения гидродинамики бинарной жидкой смеси. Диффузия. Термодиффузия. Бародиффузия. Уравнение конвективной диффузии.
10	Точно решаемые задачи гидродинамики Течение несжимаемой жидкости по трубе. Течение несжимаемой жидкости между бесконечными плоскостями. Течение несжимаемой жидкости между двумя вращающимися цилиндрами.
11 - 13	Турбулентность Устойчивость течения жидкости. Переход к турбулентности. Среднеполевой подход к описанию развитой турбулентности. Модели турбулентности.
14 - 15	Теория пограничного слоя Уравнения Прандтля, отрыв пограничного слоя, кризис сопротивления.

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Курс реализует компетентностный подход и предусматривает широкое использование в учебном процессе активных форм проведения занятий (компьютерные практикумы, разбор домашних заданий, система контрольно-измерительных материалов, включая тесты) а также, проведение занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов.

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие
-------------	---------------------	----------------------------

		(КП 1)
ПК-3.1	З-ПК-3.1	Э, Т-7, БДЗ-15
	У-ПК-3.1	Э, Т-7, БДЗ-15
	В-ПК-3.1	Э, Т-7, БДЗ-15
ПК-3.2	З-ПК-3.2	Э, Т-7, БДЗ-15
	У-ПК-3.2	Э, Т-7, БДЗ-15
	В-ПК-3.2	Э, Т-7, БДЗ-15

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – «удовлетворительно»	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ П64 Элементы гидродинамики : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
2. 532 П64 Элементы гидродинамики : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
3. 532 М67 Гидродинамика и теплообмен закрученных потоков в каналах ядерно-энергетических установок : , О. В. Митрофанова, Москва: Физматлит, 2010

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 53 Л22 Теоретическая физика Т.6 Гидродинамика, , Москва: Физматлит, 2006

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Для успешного обучения по данной дисциплине студент должен знать: основные понятия общей и статистической физики, а также знать основы математического, векторного и тензорного анализа. Курс разбит на 2 раздела, включающие в себя следующие темы: приближение сплошной среды, идеальная несжимаемая жидкость, баланс импульса и потом энергии идеальной жидкости, уравнение Навье-Стокса, система уравнений гидродинамики, граничные условия, бинарные смеси, турбулентность и пограничный слой.

Аттестация разделов представлена следующими формами контроля:

– Тестирование.

Студенту выдаются различные виды тестовых вопросов: с выбором верного варианта из приведенных, с самостоятельной записью ответа на вопрос, с составлением правильной последовательности.

- Большое домашнее задание.

Студенту после 8 недели выдается список задач по теме курса. Оценивается умение и владение навыками физических расчетов, логически четко и исчерпывающе отвечать на дополнительные вопросы.

Успешное прохождение студентом аттестации отвечает диапазону 15-25 баллов по итогам каждой аттестации.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Для успешного обучения по данной дисциплине студент должен знать: основные понятия общей и статистической физики, а также знать основы математического, векторного и тензорного анализа. Курс разбит на 2 раздела, включающие в себя следующие темы: приближение сплошной среды, идеальная несжимаемая жидкость, баланс импульса и потом энергии идеальной жидкости, уравнение Навье-Стокса, система уравнений гидродинамики, граничные условия, бинарные смеси, турбулентность и пограничный слой.

Аттестация разделов представлена следующими формами контроля:

– Тестирование.

Студенту выдаются различные виды тестовых вопросов: с выбором верного варианта из приведенных, с самостоятельной записью ответа на вопрос, с составлением правильной последовательности.

- Большое домашнее задание.

Студенту после 8 недели выдается список задач по теме курса. Оценивается умение и владение навыками физических расчетов, логически четко и исчерпывающе отвечать на дополнительные вопросы.

Успешное прохождение студентом аттестации отвечает диапазону 15-25 баллов по итогам каждой аттестации.

Автор(ы):

Тронин Иван Владимирович, к.ф.-м.н.

Быркин Виктор Александрович, к.ф.-м.н.

Боговалов Сергей Владимирович, д.ф.-м.н.

Рецензент(ы):

Сулаберидзе Г.А.