

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ

Декан ФТФ

Э.Р. Шрагер

" ____ " _____ 2016 г.

Рабочая программа дисциплины
Физико-химическая гидродинамика

Направление подготовки
16.04.01 Техническая физика

Профиль подготовки
Макрокинетика горения высокоэнергетических материалов

Квалификация выпускника
Магистр

Форма обучения
Очная

Томск-2016

1. Код и наименование дисциплины (модуля)

16.04.01 Техническая физика. Физико–химическая гидродинамика.

2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры _

Относится к вариативной части ООП.

3. Год/годы и семестр/семестры обучения.

1-ый год обучения, 2-ой семестр

4. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (если есть).

Данный курс опирается на курсы базовой части «Математика», «Физика», «Теоретическая механика», «Аэрогидродинамика», «Химия» и требует знаний в определенных разделах математики, механики, термодинамики и химии. Освоение данной дисциплины необходимо для изучения газовой динамики, специальных разделов механики жидкости и газа, теории тепломассообмена.

5. Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 2 зачетных единицы, 72 часа, из которых 38 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (20 часов – занятия лекционного типа, 18 часов – занятия семинарского типа), 24 часа составляет самостоятельная работа обучающегося.

6. Формат обучения

Лекционные и семинарские занятия с последующей сдачей экзамена

7. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (заполняется в соответствии с картами компетенций)

способностью демонстрировать и использовать углубленные теоретические и практические знания фундаментальных и прикладных наук (ОПК-2);

способностью критически анализировать современные проблемы технической физики, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты (ПК-5);

готовностью осваивать и применять современные физико-математические методы и методы искусственного интеллекта для решения профессиональных задач, составлять практические рекомендации по использованию полученных результатов (ПК-7).

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
ОПК-2, I, уровень	Пороговый уровень (I уровень) <u>Способен к общей оценке</u> физического содержания моделей физико-химической гидродинамики <u>Знает</u> основные законы сохранения в механике жидкости и в теории тепломассообмена <u>Умеет</u> формулировать основные законы сохранения в физико-химической гидродинамике <u>Владеет</u> технологией записи основных законов сохранения механики жидкости в математической форме. Повышенный уровень (II уровень)
ПК-5, уровень	
ПК-7, уровень	

	Знает основные физические законы сохранения в механике жидкости и тепломассообмене, их математические формулировки, методы математической физики и моделирования для решения задач физико-химической гидродинамики Умеет формулировать математические модели и применять методы исследования процессов физико-химической гидродинамики Владеет : способностью анализа математических моделей процессов физико-химической гидродинамики с последующим выбором методов решения, методами математической физики для решения задач физико-химической гидродинамики и навыками интерпретации получаемых результатов.
--	---

8. Содержание дисциплины (модуля) и структура учебных видов деятельности

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часов.

Наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)			Самостоятельная работа (час.)
		Лекции	Семинарские занятия	Консультации	
Общие сведения классической гидродинамики	12	2	2	2	6
Конвективная диффузия в жидкостях	18	6	4	2	6
Капиллярное движение	14	4	4	2	4
Волны на поверхности жидкости	14	4	4	2	4
Движение жидкости в тонких пленках	14	4	4	2	4
Итого	72	20	18	10	24

Общие сведения классической гидродинамики. Идеальная жидкость. Уравнения Эйлера. Вязкая жидкость. Уравнение Навье-Стокса. Подобие гидродинамических явлений. Движение жидкости при малых числах Рейнольдса. Пограничный слой. Уравнения пограничного слоя. Общая постановка задачи о движении жидкости.

Конвективная диффузия в жидкостях. Общие сведения о диффузионной кинетике в жидкостях. Теория Нернста. Теория Лангмюра. Уравнение конвективной диффузии в жидкостях. Граничные условия. Диффузионный пограничный слой. Сведение уравнения диффузии к уравнению типа уравнения теплопроводности. Диффузия к падающей твердой частице. Аналогия между диффузией и поверхностным трением. Моделирование гетерогенных химических реакций. Диффузионный критерий Нуссельта. Диффузия в ламинарном потоке жидкости в трубе.

Капиллярное движение. Поверхностный слой. Условие равновесие между двумя жидкими фазами. Капиллярное движение. Граничные условия на поверхности раздела двух жидкостей. Движение жидкости в капилляре. Термокапиллярное движение. Влияние поверхностно-активных веществ на движение жидкости.

Волны на поверхности жидкости. Гравитационные волны. Капиллярные волны. Волны на поверхности идеальной жидкости. Волны на поверхности вязкой жидкости.

Движение жидкости в тонких пленках. Уравнения пленочного движения. Стеkanie жидкости по наклонной плоскости. Определение толщины пленки. Оценка остатка массы жидкости при истечении из емкостей. Пленка на поверхности тела, извлекаемого из неподвижной жидкости. Волновое течение в тонких слоях жидкости.

9. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю) и методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модулю).

9.1. Виды и формы самостоятельной работы

С целью более глубокого усвоения изучаемого курса «физико-химическая гидродинамика», формирования навыков исследовательской работы и умения применять теоретические знания на практике, учебным планом предусмотрена самостоятельная работа студентов. Самостоятельная работа предполагает: работу с теоретическими материалами, повторение пройденного материала по конспектам лекций, ознакомление с рекомендованным списком источников и литературы, подготовка рефератов и докладов (устных выступлений, сообщений, презентаций) по предложенным темам. Успешное освоение программы курса предполагает прочтение ряда оригинальных работ с теоретическими материалами. Текущая СРС направленная на углубление и закрепление знаний, а также развитие практических умений заключается в:

- работе студентов с лекционным материалом;
- подготовке к экзамену;
- выполнении курсового проекта.

Изучение дисциплины следует начинать с проработки тематического плана лекций, уделяя особое внимание структуре и содержанию темы и основных понятий. По каждому разделу дисциплины предлагаются упражнения и практические задания. Перед выполнением заданий изучите теорию вопроса, предполагаемого к исследованию. Используйте дополнительную периодическую литературу, специальные журналы, доступные информационные сайты.

Подготовка рефератов (эссе)

По многим темам дисциплины вы можете провести аналитический обзор существующих исследований и результаты отразить в реферате

9.2. Содержание самостоятельной работы по дисциплине

Темы для самостоятельной работы:

1. Граничные условия прилипания и скольжения на твердой границе. Работа с лекционным материалом и литературой.
2. Уравнения пограничного слоя. Работа с лекционным материалом и литературой.
3. Теория Нернста. Работа с лекционным материалом и литературой.
4. Диффузионный пограничный слой. Работа с лекционным материалом и литературой.
5. Аналогия между диффузией и поверхностным трением. Работа с лекционным материалом и литературой.
6. Массоперенос в поступательном потоке при малых числах Пекле. Работа с лекционным материалом и литературой.
7. Условия на линии трехфазного контакта. Подготовка реферата.
8. Движение жидкости в капилляре. Работа с лекционным материалом и литературой.
9. Влияние ПАВ на движение жидкости. Подготовка реферата.
10. Гравитационные волны. Подготовка реферата.
11. Капиллярные волны. Подготовка реферата.
12. Уравнения пленочного течения. Работа с лекционным материалом и литературой.
13. Определение толщины пленки. Работа с лекционным материалом и литературой.

14. Оценка остатка массы жидкости при истечении из емкостей. Работа с лекционным материалом и литературой.
15. Устойчивость течений в каналах с условиями скольжения на стенках. Подготовка реферата.

Темы курсовых работ формулируются в рамках содержания дисциплины.

- 9.3. Контроль самостоятельной работы Оценка результатов самостоятельной работы организуется как единство двух форм: самоконтроль и контроль со стороны преподавателей при собеседовании, проверка рефератов и защита курсовых работ.

-

10. Форма промежуточной аттестации и фонд оценочных средств, включающий:

- Перечень компетенций выпускников образовательной программы, в формировании которых участвует дисциплина (модуль), и их карты.
 - способностью демонстрировать и использовать углубленные теоретические и практические знания фундаментальных и прикладных наук (ОПК-2);
 - способностью критически анализировать современные проблемы технической физики, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты (ПК-5);
 - готовностью осваивать и применять современные физико-математические методы и методы искусственного интеллекта для решения профессиональных задач, составлять практические рекомендации по использованию полученных результатов (ПК-7);

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ

КОМПЕТЕНЦИЯ: ОПК-2. Способностью демонстрировать и использовать углубленные теоретические и практические знания фундаментальных и прикладных наук.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

– общепрофессиональная компетенция выпускника образовательной программы по направлению подготовки высшего образования

Техническая физика, уровень ВО Магистратура

Для освоения компетенции обучающийся должен знать теорию обыкновенных дифференциальных уравнений, методы математической физики, численные методы решения задач тепло- и массопереноса, процессы теплопередачи в технических устройствах, методы параллельных вычислений, пакеты прикладных программ

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Уровень освоения компетенции*	Планируемые результаты обучения** (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
		1	2	3	4	5
ОПК-2, I уровень	Пороговый уровень (I уровень) Способен к общей оценке физического содержания моделей физико-химической гидродинамики Владеет технологией записи основных законов сохранения механики жидкости в математической форме.	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков	В целом успешное, но не систематическое применение навыков	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков	Успешное и систематическое применение навыков
	Умеет формулировать основные законы сохранения в физико-химической гидродинамике	Отсутствие умений	Частично освоенное умение	В целом успешно, но не систематическое	В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы	Сформированное умение
	Знает основные законы сохранения в механике жидкости и в теории теплообмена	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания	Сформированные систематические знания

Уровень освоения компетенции*	Планируемые результаты обучения** (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
		1	2	3	4	5
ОПК-2, II уровень	Владеет : способностью анализа математических моделей процессов физико-химической гидродинамики с последующим выбором методов решения, методами математической физики для решения задач физико-химической гидродинамики и навыками интерпретации получаемых результатов.	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков	В целом успешное, но не систематическое применение навыков	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков	Успешное и систематическое применение навыков
	Умеет формулировать математические модели и применять методы исследования процессов физико-химической гидродинамики	Отсутствие умений	Частично освоенное умение	В целом успешно, но не систематическое	В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы	Сформированное умение
	Знает основные физические законы сохранения в механике жидкости и тепломассообмене, их математические формулировки, методы математической физики и моделирования для решения задач физико-химической гидродинамики	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания	Сформированные систематические знания

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ

КОМПЕТЕНЦИЯ: ПК-5. Способностью критически анализировать современные проблемы технической физики, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

– профессиональная компетенция выпускника образовательной программы по направлению подготовки высшего образования Техническая физика, уровень ВО Магистратура

Для освоения компетенции обучающийся должен знать теорию обыкновенных дифференциальных уравнений, методы математической физики, численные методы решения задач тепло- и массопереноса, процессы теплопередачи в технических устройствах, методы параллельных вычислений, пакеты прикладных программ

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Уровень освоения компетенции*	Планируемые результаты обучения** (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
		1	2	3	4	5
ПК-5, I уровень	Пороговый уровень (I уровень) Способен к общей оценке физического содержания моделей физико-химической гидродинамики Владет технологией записи основных законов сохранения механики жидкости в математической форме.	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков	В целом успешное, но не систематическое применение навыков	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков	Успешное и систематическое применение навыков
	Умеет формулировать основные законы сохранения в физико-химической гидродинамике	Отсутствие умений	Частично освоенное умение	В целом успешно, но не систематическое	В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы	Сформированное умение
	Знает основные законы сохранения в механике жидкости и в теории тепломассообмена	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания	Сформированные систематические знания

Уровень освоения компетенции*	Планируемые результаты обучения** (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
		1	2	3	4	5
ПК-5, II уровень	Владеет : способностью анализа математических моделей процессов физико-химической гидродинамики с последующим выбором методов решения, методами математической физики для решения задач физико-химической гидродинамики и навыками интерпретации получаемых результатов.	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков	В целом успешное, но не систематическое применение навыков	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков	Успешное и систематическое применение навыков
	Умеет формулировать математические модели и применять методы исследования процессов физико-химической гидродинамики	Отсутствие умений	Частично освоенное умение	В целом успешно, но не систематическое	В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы	Сформированное умение
	Знает основные физические законы сохранения в механике жидкости и тепломассообмене, их математические формулировки, методы математической физики и моделирования для решения задач физико-химической гидродинамики	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания	Сформированные систематические знания

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ

КОМПЕТЕНЦИЯ: ПК-7. Готовностью осваивать и применять современные физико-математические методы и методы искусственного интеллекта для решения профессиональных задач, составлять практические рекомендации по использованию полученных результатов.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

– профессиональная компетенция выпускника образовательной программы по направлению подготовки высшего образования Техническая физика, уровень ВО Магистратура

Для освоения компетенции обучающийся должен знать теорию обыкновенных дифференциальных уравнений, методы математической физики, численные методы решения задач тепло- и массопереноса, процессы теплопередачи в технических устройствах, методы параллельных вычислений, пакеты прикладных программ

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Уровень освоения компетенции*	Планируемые результаты обучения** (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
		1	2	3	4	5
ПК-7, I уровень	Пороговый уровень (I уровень) Способен к общей оценке физического содержания моделей физико-химической гидродинамики Владеет технологией записи основных законов сохранения механики жидкости в математической форме.	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков	В целом успешное, но не систематическое применение навыков	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков	Успешное и систематическое применение навыков
	Умеет формулировать основные законы сохранения в физико-химической гидродинамике	Отсутствие умений	Частично освоенное умение	В целом успешно, но не систематическое	В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы	Сформированное умение
	Знает основные законы сохранения в механике жидкости и в теории тепломассообмена	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания	Сформированные систематические знания

Уровень освоения компетенции*	Планируемые результаты обучения** (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
		1	2	3	4	5
ПК-7, II уровень	Владеет : способностью анализа математических моделей процессов физико-химической гидродинамики с последующим выбором методов решения, методами математической физики для решения задач физико-химической гидродинамики и навыками интерпретации получаемых результатов.	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков	В целом успешное, но не систематическое применение навыков	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков	Успешное и систематическое применение навыков
	Умеет формулировать математические модели и применять методы исследования процессов физико-химической гидродинамики	Отсутствие умений	Частично освоенное умение	В целом успешно, но не систематическое	В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы	Сформированное умение
	Знает основные физические законы сохранения в механике жидкости и тепломассообмене, их математические формулировки, методы математической физики и моделирования для решения задач физико-химической гидродинамики	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания	Сформированные систематические знания

Оценка качества освоения дисциплины производится по результатам следующих контролирующих мероприятий:

- ведение конспекта лекций;
- активное участие в обсуждении тем лекционных занятий, ответы на вопросы;
- устный опрос при проверке рефератов, защита курсового проекта;
- результаты сдачи зачета, экзамена.

Контрольные вопросы:

1. Уравнения движения вязкой жидкости.
2. Физический смысл числа Рейнольдса.
3. Гипотеза пограничного слоя.
4. Граничные условия на свободной поверхности для вязкой жидкости.
5. Стадии процесса гетерогенного превращения.
6. Уравнение конвективной диффузии.
7. Физический смысл числа Пекле.
8. Граничные условия на поверхности реакции.
9. Число Нуссельта.
10. Поверхностное натяжение.
11. Формула Лапласа для определения капиллярного давления.
12. Граничные условия на границе раздела двух жидкостей.
13. Термокапиллярное движение.
14. Назначение ПАВ.
15. Основное приближение пленочного течения.
16. Формула сопротивления твердого шара в потоке.
17. Число Вебера.
18. Число Бонда.

11. Ресурсное обеспечение:

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Физико-химическая гидродинамика»

а) основная литература:

1. Д.А. Франк-Каменецкий. Основы макрокинетики. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. Долгопрудный.: 2008. 408с.
2. Л.Д. Ландау, Е.М. Лившиц. Теоретическая физика. Т. 6 Гидродинамика. 2012. 736с.
3. Л.И. Седов. Механика сплошной среды. т.1,2 Издание 6. Изд-во Лань 2004. 1088с.
4. Л.Г. Лойцянский. Механика жидкости и газа. 7-е изд. Дрофа 2003. 840с.
5. А.М. Липанов. Теоретическая гидромеханика ньютоновских сред. М.: Наука. 2011. 551с.

б) дополнительная литература:

1. Дж. Бэтчелор. Введение в динамику жидкости. М.: Мир, 1974
2. Дж. Хаппель, Г. Бреннер. Гидродинамика при малых числах Рейнольдса. М.: Мир, 1976
3. З.П. Шульман, В.П. Байков. Реодинамика и теплообмен в пленочных течениях. Минск: Наука и техника, 1979.
4. Г.Р. Шрагер, А.Н. Козлобродов, В.А. Якутенко. Моделирование гидродинамических процессов в технологии переработки полимерных материалов. Томск: ТГУ, 1999.
5. А.М. Кутепов, А.Д. Полянин и др. Химическая гидродинамика. М.: Квантум, 1996
6. З.П. Шульман. Конвективный теплоперенос реологически сложных жидкостей. М.: Энергия, 1975.
7. А.Я. Малкин. Современное состояние реологии полимеров: достижения и проблемы. // Высокомолекулярные соединения. Серия А, 2009, Т.51. №1.
8. В.Г. Левич. Физико-химическая гидродинамика. М.: Физматгиз, 1959

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет.

<http://mzg.ipmnet.ru/ru/Issues.php> - журнал публикует: фундаментальные исследования классических моделей идеальных и вязких несжимаемых жидкостей и совершенного газа; исследования, связанные с усложнением и совершенствованием этих моделей для описания специальных классов течений интересных с практической точки зрения (движение тел в воде с большими скоростями, турбулентные течения, течения химически реагирующих газовых смесей, многофазные течения, течения стратифицированных жидкостей, течения в пограничном слое, течения в условиях микрогравитации и т.д.); исследования по разработке новых моделей, позволяющих описывать течения жидкостей и газов в условиях, характерных для "стыка наук" (движения вязкоупругих сред, магнитогидродинамические течения, электрогидродинамические течения, биомеханические течения и т.д.); исследования в области устойчивости течений; исследование моделей турбулентности и ламинарно-турбулентного перехода и т.д.;

<http://www.iqlib.ru> - Интернет-библиотека образовательных изданий, в которой собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия. Удобный поиск по ключевым словам, отдельным темам и отраслям знания.

12. Язык преподавания.

русский

13. Преподаватель

Автор профессор Шрагер Г.Р. _____

Рецензент профессор Якутенок В.А. _____

Программа одобрена на заседании Ученого совета физико-технического факультета ТГУ от 21 апреля 2016 года, протокол № 44.