

03.04.01 Прикладные математика и физика

Очная форма обучения, 2017 года набора

Аннотации рабочих программ дисциплин

Военная подготовка

Цель дисциплины:

Получение необходимых знаний, умений, навыков в военной области в соответствии с избранной военно-учётной специальностью "Математическое, программное и информационное обеспечение функционирования автоматизированных систем".

Задачи дисциплины:

1. Прохождение студентами дисциплины "Общественно-государственная подготовка".
2. Прохождение студентами дисциплины "Военно-специальная подготовка".
3. Прохождение студентами дисциплины "Тактика ВВС".
4. Прохождение студентами дисциплины "Общая тактика".
5. Прохождение студентами дисциплины "Общевойсковая подготовка".
6. Прохождение студентами дисциплины "Тактико-специальная подготовка".
7. Допуск к сдаче и сдача промежуточной аттестации, предусмотренной учебным планом.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

по дисциплине "Военно-специальная подготовка":

1. принципы построения, функционирования и практической реализации основных алгоритмов АСУ ВВС;
2. взаимодействие алгоритмов КСА объединения ВВС и ПВО, АСУ соединения ВКО в процессе боевой работы, организации и несения боевого дежурства;
3. особенности построения алгоритмов управления частями (подразделениями) ЗРВ, ИА, РЭБ;
4. основы построения КСА КП и штаба объединения ВВС и ПВО, АСУ соединения ВКО;
5. назначение, состав, технические характеристики, устройство и принципы функционирования

основных комплексов технических средств КСА;

6. взаимодействие функциональных устройств КСА.

по дисциплине "Общественно-государственная подготовка":

1. историю славных побед российского воинства и русского оружия;

2. порядок организации и проведения мероприятий морально-психологического обеспечения в подразделении;

3. основные этапы развития ВС РФ;

4. цели и задачи воспитательной работы в подразделении;

5. порядок организации и проведения мероприятий воспитательной работы в подразделении;

6. методику индивидуально-воспитательной работы с военнослужащими, проходящими военную службу по призыву и по контракту.

по дисциплине "Тактика ВВС":

1. основы боевого применения Сил и средств воздушно-космического нападения вооруженных Сил блока НАТО;

2. порядок и методику оценки воздушного противника;

3. организацию, вооружение частей и подразделений ПВО ВВС;

4. боевые возможности частей и подразделений ПВО ВВС;

5. организацию маневра подразделений ПВО ВВС;

6. основы подготовки частей и подразделений ПВО ВВС к боевому применению;

7. основы планирования боевого применения, сущность и содержание заблаговременной и непосредственной подготовки к боевому применению частей и подразделений ПВО ВВС;

8. правила разработки и оформления боевых документов;

9. организацию боевого дежурства в ПВО ВВС;

10. основные этапы и способы ведения боевых действий в ПВО ВВС.

по дисциплине "Общая тактика":

1. организационно-штатную структуру общевойсковых подразделений;

2. сущность, виды, характерные черты и принципы ведения современного общевойскового боя;

3. основы боевого применения мотострелковых подразделений Сухопутных войск, их боевые возможности;

4. организацию системы огня, наблюдения, управления и взаимодействия;

5. основы огневого поражения противника в общевойсковом бою;

6. организацию непосредственного прикрытия и наземной обороны позиции подразделения и

объектов;

7. последовательность и содержание работы командира взвода (отделения) по организации общевойскового боя, передвижения и управления подразделением в бою и на марше;
8. основы управления и всестороннего обеспечения боя;
9. порядок оценки обстановки и прогноз ее изменений в ходе боевых действий;
10. основные приемы и способы выполнения задач инженерного обеспечения;
11. назначение, классификацию инженерных боеприпасов, инженерных заграждений и их характеристики;
12. назначение, устройство и порядок применения средств маскировки промышленного изготовления и подручных средств;
13. последовательность и сроки фортификационного оборудования позиции взвода (отделения);
14. общие сведения о ядерном, химическом, биологическом и зажигательном оружии, средствах

Уметь:

по дисциплине "Военно-специальная подготовка":

1. технически грамотно эксплуатировать математическое обеспечение вычислительного комплекса в различных степенях боевой готовности и обеспечивать боевую работу в условиях активного воздействия противника;
2. самостоятельно разбираться в описаниях и инструкциях на математическое обеспечение новых АСУ ВВС;
3. методически правильно и грамотно проводить занятия с личным составом по построению и эксплуатации математического обеспечения АСУ ВВС.

по дисциплине "Общественно-государственная подготовка":

1. целенаправленно использовать формы и методы воспитательной работы с различными категориями военнослужащих;
2. применять методы изучения личности военнослужащего, социально-психологических процессов, протекающих в группах и воинских коллективах.

по дисциплине "Тактика ВВС":

1. проводить оперативно-тактические расчеты боевых возможностей частей (подразделений) ПВО ВВС.

по дисциплине "Общая тактика":

1. передвигаться на поле боя;
2. оборудовать одиночные окопы для стрельбы из автомата из всех положений, укрытия для

вооружения и военной техники;

3. оценивать обстановку (уточнять данные обстановки) и прогнозировать ее изменения;
4. разрабатывать и оформлять карточку огня взвода (отделения);
5. осуществлять подготовку и управление боем взвода (отделения);
6. пользоваться штатными и табельными техническими средствами радиационной, химической и биологической разведки и контроля, индивидуальной и коллективной защиты, специальной обработки;
7. оценивать состояние пострадавшего и оказывать первую медицинскую помощь при различных видах поражения личного состава;
8. читать топографические карты и выполнять измерения по ним;
9. определять по карте координаты целей, боевых порядков войск и осуществлять целеуказание;
10. вести рабочую карту, готовить исходные данные для движения по азимутам в пешем порядке;
11. организовывать и проводить занятия по тактической подготовке.

по дисциплине "Тактико-специальная подготовка":

1. выполнять функциональные обязанности дежурного инженера в составе боевого расчета;
2. готовить аппаратуру КСА к боевому применению и управлять боевым расчетом центра АСУ в ходе ведения боевой работы;
3. проводить проверку параметров, определяющих боевую готовность АСУ (КСА);
4. оценивать техническое состояние аппаратуры КСА и ее готовность к боевому применению;
5. выполнять нормативы боевой работы.

по дисциплине "Общевойсковая подготовка":

1. выполнять и правильно применять положения общевоинских уставов Вооруженных Сил Российской Федерации в повседневной деятельности;
2. выполнять обязанности командира и военнослужащего перед построением и в строю;
3. правильно выполнять строевые приемы с оружием и без оружия;
4. осуществлять разборку и сборку автомата, пистолета и подготовку к боевому применению ручных гранат;
5. определять по карте координаты целей;

Владеть:

по дисциплине "Военно-специальная подготовка":

1. устройством КСА КП, аппаратным и программным обеспечением их функционирования;

2. основы защиты информации от несанкционированного доступа.

по дисциплине "Общественно-государственная подготовка":

1. основными положениями законодательных актов государства в области защиты Отечества.

по дисциплине "Тактика ВВС":

1. формами и способами ведения боевых действий частей и подразделений ПВО ВВС, их влиянием на работу АСУ в целом, работу КСА лиц боевого расчёта.

по дисциплине "Общая тактика":

1. организацией современного общевойскового боя взвода самостоятельно или в составе роты.

2. принятием решения с составлением боевого приказа, навыками доклада предложений командиру.

по дисциплине "Тактико-специальная подготовка":

1. методами устранения сбоев и задержек в работе программных и аппаратных средств КСА АСУ.

по дисциплине "Общевойсковая подготовка":

1. штатным оружием, находящимся на вооружении Вооружённых сил РФ.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Военно-специальная подготовка
- Общая тактика
- Тактика Военно-воздушных сил
- Военно-специальная подготовка
- Общая тактика
- Тактико-специальная подготовка
- Общевоинская подготовка

Основная литература:

1. Строевой устав вооружённых сил РФ.

2. В.В. Апакидзе, Р.Г. Дуков «Строевая подготовка» Под ред. Генерал-полковника В.А. Меримского (Учебное пособие). М.: Воениздат, 1988. 336 с.

3. Методика строевой подготовки. (Учебное пособие). М.: Воениздат, 1988. 358 с.

4. Руководство по 5,45-мм автомату Калашникова АК-74. М.: Воениздат, 1986. 158 с.

5. Наставление по стрелковому делу 9-мм пистолет Макарова (МП). М.: Воениздат, 94 с.

6. Наставление по стрелковому делу Ручные гранаты. М.: Воениздат, 1981. 64 с.
7. Наставление по стрелковому делу. Основы стрельбы из стрелкового оружия. Изд. второе, испр. и доп. М.: Воениздат, 1970. 176 с.
8. Курс стрельб из стрелкового оружия, боевых машин и танков Сухопутных войск (КС СО, БМ и Т СВ-84). М.: Воениздат. 1989, 304 с.
9. Военная топография» / Учебное пособие. Под общ. Ред. А.С. Николаева, М.: Воениздат. 1986. 280 с. ил.
10. «Топографическая подготовка командира» / Учебное пособие. М.: Воениздат. 1989.
11. Молостов Ю.И. Работа командира по карте и на местности. Учебное пособие. Солнечногорск, типография курсов «Выстрел», 1996.

Вычислительные методы в механике

Цель дисциплины:

- знакомство студентов с численными методами, широко применяемыми в механике жидкости и газа, а также в механике твердого упругого тела, обучение их алгоритмам, которые могут быть использованы для решения большого разнообразия фундаментальных и прикладных задач аэрогидромеханики и прочности конструкций летательных аппаратов.

Задачи дисциплины:

- эти методы обеспечивают наиболее эффективный на современном этапе путь получения результатов задач, описываемых дифференциальными уравнениями.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны
знать:

фундаментальные понятия, законы, теории классической и современной физики;
порядки численных величин, характерные для различных разделов физики;
современные проблемы физики, математики;

современное положение дел в проблеме идентификации физических механизмов

шумообразования в турбулентных течениях;

разновидности современных способов экспериментального исследования шума турбулентных течений и физические принципы, на которых они основаны

Уметь:

абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;

пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач и технологических задач;

делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;

производить численные оценки по порядку величины;

делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;

видеть в технических задачах физическое содержание;

осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;

выводить основные уравнения и понимать их физический смысл;

эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов

Владеть:

навыками освоения большого объема информации;

навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;

культурой постановки и моделирования физических задач;

навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;

практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач;

навыками теоретического анализа реальных задач.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Уравнения Навье-Стокса в дивергентной форме, описывающие течения вязкого совершенного газа. Постановка задачи внешнего обтекания тел вязким газом. Уравнения Навье-Стокса в дивергентной форме в криволинейной системе координат
- Постановка задачи внешнего обтекания тел в рамках уравнений Эйлера. Характеристические свойства уравнений Эйлера и Навье-Стокса. Постановка граничных условий для уравнений Эйлера
- Постановка задачи для уравнений пограничного слоя Прандтля. Характеристические свойства уравнений
- Понятие жесткой системы дифференциальных уравнений

- Моделирование турбулентных течений
- Моделирование химически неравновесных процессов в вычислительной аэродинамике
- Постановка задач в механике твердого упругого тела
- Основные понятия теории разностных схем для обыкновенных дифференциальных уравнений (аппроксимация, сходимость, устойчивость).
- Методы Рунге-Кутты для решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. Многошаговые методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. Условно устойчивые и абсолютно устойчивые разностные методы. Явные и неявные разностные схемы
- Основные понятия теории разностных схем для краевых задач обыкновенных дифференциальных уравнений (аппроксимация, сходимость, устойчивость). Теорема Лакса.
- Интегро-интерполяционный метод решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений.
- Методы типа конечных элементов. Метод Бубнова-Галеркина
- Свойства разностных схем для модельного уравнения: $\Delta u_x + \Delta u_x = 0$. Сеточное число Рейнольдса. Свойство монотонности разностных схем
- Схема Келлера для решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений. О согласованности дифференциальных уравнений и граничных условий
- Метод Рундсона для повышения порядка точности.
- Метод простой итерации для решения нелинейных сеточных уравнений. Скорость сходимости метода
- Метод Ньютона для решения нелинейных сеточных уравнений. Скорость сходимости метода. Модифицированный метод Ньютона. Метод Ньютона-Рафсона
- Разностная задача на собственные значения $u_{xx} + \lambda u = 0$
- Понятие обусловленности систем линейных алгебраических уравнений
- Алгоритм векторно-матричной прогонки. Теорема об устойчивости векторно-матричной прогонки
- Метод Гаусса с выбором ведущего элемента
- Метод простой итерации для решения линейных уравнений. Метод простой итерации с оптимальным выбором.
- Метод переменных направлений для решения линейных уравнений
- Треугольные методы для решения линейных уравнений
- Итерационные методы вариационного типа. Метод минимальных невязок
- Методы построения расчетных сеток. Алгебраические методы построения расчетных сеток. Методы построения расчетных сеток, основанные на решении эллиптических уравнений. Методы построения расчетных сеток, основанные на решении гиперболических уравнений
- Адаптивные расчетные сетки. Адаптивные расчетные сетки вариационного типа
- Анализ устойчивости явных и неявных схем для уравнений пограничного слоя (ПС) Прандтля
- Оценка погрешности аппроксимации схемы с весами для уравнения теплопроводности. Схема повышенного порядка аппроксимации для уравнения теплопроводности. Необходимые и достаточные условия устойчивости по начальным данным схемы с весами для уравнения теплопроводности
- Блочный метод Келлера для решения уравнений ПС Прандтля. Метод Кранка-Николсона для решения уравнений ПС Прандтля. Метод повышенного порядка точности Петухова для решения уравнений ПС Прандтля

- Схема Лакса-Вендроффа для решения уравнений Эйлера. Двухшаговый вариант схемы Лакса-Вендроффа и схема Мак-кормака. Необходимое условие устойчивости схемы Лакса-Вендроффа
- Понятие монотонности и теоремы Годунова о построении монотонных разностных схем
- Монотонная схема первого и второго порядка точности для уравнения переноса
- Свойство монотонности разностных схем. Условие не возрастания полной вариации
- Линеаризованный вариант монотонной схемы первого и второго порядка точности для уравнений Эйлера
- Нелинейный вариант монотонной схемы Годунова первого и второго порядка точности для уравнений Эйлера.
- Метод Роя для приближенного решения задачи Римана
- Построение монотонных разностных схем для многомерных задач газовой динамики
- Методы решения уравнений Навье-Стокса с применением монотонных разностных схем.
- Метод конечного элемента для решения уравнений механики твердого упругого тела
- Метод конечного элемента для решения уравнений механики жидкости и газа.

Основная литература:

1. Численные методы решения задач механики сплошных сред [Текст] : цикл лекций, прочитанных в летней школе по численным методам, Киев, 15 июня - 7 июля 1966 г. / под ред. О. М. Белоцерковского ; Акад. наук СССР .— М. : ВЦ АН СССР, 1969 .— 230 с.
2. Методы решения сеточных уравнений [Текст] : учеб. пособие для вузов / А. А. Самарский, Е. С. Николаев .— М. : Наука, 1978 .— 592 с.
3. Численное решение многомерных задач газовой динамики [Текст] : [монография] / под ред. С. К. Годунова ; [С. К. Годунов и др.] .— М. : Наука, 1976 .— 400 с.

История, философия и методология естествознания

Цель дисциплины:

приобщить студентов к историческому опыту мировой философской мысли, дать ясное представление об основных этапах, направлениях и проблемах истории и философии науки, способствовать формированию навыков работы с предельными вопросами, связанными с границами и основаниями различных наук и научной рациональности, овладению принципами рационального философского подхода к процессам и тенденциям развития современной науки.

Задачи дисциплины:

- систематизированное изучение философских и методологических проблем естествознания с учетом историко-философского контекста и современного состояния науки;
- приобретение студентами теоретических представлений о многообразии форм человеческого опыта и знания, природе мышления, соотношении истины и заблуждения;
- понимание роль науки в развитии цивилизации, соотношение науки и техники и связанные с ними современные социальные и этические проблемы, умение различать исторические типы научной рациональности, знать структуру, формы и методы научного познания в их историческом генезисе, современные философские модели научного знания;
- знакомство с основными научными школами, направлениями, концепциями, с ролью новейших информационных технологий в мире современной культуры и в области гуманитарных и естественных наук;
- понимание смысла соотношения биологического и социального в человеке, отношения человека к природе, дискуссий о характере изменений, происходящих с человеком и человечеством на рубеже третьего тысячелетия;
- знание и понимание диалектики формирования личности, ее свободы и ответственности, своеобразие интеллектуального, нравственного и эстетического опыта разных исторических эпох.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- структуру естественных и социо-гуманитарных наук, специфику их методологического аппарата;
- соотношение принципов и гипотез в построении научных систем и теорий;
- основы современной научной картины мира, базовые принципы научного познания и ключевые направления междисциплинарных исследований;
- концепции развития науки и разные подходы к проблеме когнитивного статуса научного знания;
- проблему материи и движения;
- понятия энергии и энтропии;

- проблемы пространства–времени;
- современные проблемы физики, химии, математики, биологии, экологии;
- великие научные открытия XX и XXI веков;
- ключевые события истории развития науки с древнейших времён до наших дней;
- взаимосвязь мировоззрения и науки;
- проблему формирования мировоззрения;
- систему междисциплинарных отношений в науке, проблему редукционизма в науке;
- теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в физике и ее приложениях к естественным наукам;
- о Вселенной в целом как физическом объекте и ее эволюции;
- о соотношении порядка и беспорядка в природе, о проблемах нелинейных процессов и самоорганизующихся систем;
- динамические и статистические закономерности в природе;
- о роли вероятностных описаний в научной картине мира;
- принципы симметрии и законы сохранения;
- новейшие открытия естествознания для создания технических устройств;
- особенности биологической формы организации материи, принципы воспроизводства и развития живых систем;
- о биосфере и направлении ее эволюции.

Уметь:

- эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, гипотезы, доказательства, законы;
- применять методологию естествознания при организации конкретных исследований;
- дать панораму наиболее универсальных методов и законов современного естествознания.

Владеть:

- научной методологией как исходным принципом познания объективного мира;
- принципами выбора адекватной методологии исследования конкретных научных проблем;
- системным анализом;
- знанием научной картины мира;
- понятийным и методологическим аппаратом междисциплинарных подходов в науке.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Возникновение и развитие науки на Западе и на Востоке
- Методология научного и философского познания
- Современная философия о проблемах естественнонаучного знания
- Современная философия о проблемах естественнонаучного знания
- Современная философия о проблемах социального и гуманитарного знания
- Наука, религия, философия
- Проблема кризиса культуры в научном и философском дискурсе
- Наука и философия о природе сознания

Основная литература:

1. Западная философия от истоков до наших дней [Текст] : [в 4 т.] Т. 3. От Возрождения до Канта / С. А. Мальцева, Д. Антисери, Дж. Реале .— СПб. : Пневма, 2004, 2010 .— 880 с.
2. Западная философия от истоков до наших дней [Текст] : [в 4 т.] / Д. Антисери, Дж. Реале ; пер. с итал. под ред. С. А. Мальцевой .— СПб. : Пневма, 2003. — Т. 1-2: Античность и Средневековье. - 2003. - 688 с.
3. Западная философия от истоков до наших дней [Текст] : [в 4 т.] Т. 4 / Д. Антисери, Дж. Реале; пер. с итал. под ред. С. А. Мальцевой .— СПб. : Пневма, 2003, 2008 .— 880 с.
4. Западная философия от истоков до наших дней [Текст]: [в 4 т.] / Д. Антисери, Дж. Реале; пер. с итал. С. А. Мальцевой .— СПб. : Пневма, 2004 .— Т. 3: От Возрождения до Канта. - 2004. - 880 с.
5. Философия [Текст] : Хрестоматия / сост. П. С. Гуревич .— М. : Гардарики, 2002 .— 543 с.
6. Философия науки [Текст] : учебник для магистратуры / под ред. А. И. Липкина ; Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т) .— 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Юрайт, 2015 .— 512 с

Кинетическая теория газов

Цель дисциплины:

дать студентам знания, необходимые для описания различных физических явлений в области приложений классической кинетической теории и методы построения соответствующих математических моделей. Показать соответствие физических предположений, положенных в основу кинетической теории, существующим экспериментальным данным, что позволяет считать

теорию достоверной в области её применимости. Дать навыки, позволяющие понять адекватность теоретической модели соответствующему физическому явлению и определить пределы её применимости.

Задачи дисциплины:

- изучение математического аппарата теории кинетических уравнений;
- изучение методов вывода макроскопических уравнений механики сплошных сред из молекулярного описания среды с помощью кинетических уравнений
- изучение методов вычисления кинетических коэффициентов вязкости и теплопроводности из "первых принципов"
- овладение студентами методов классической кинетической теории газов для описания различных режимов течения газа.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- основные физические положения классической кинетической теории
- основные уравнения кинетической теории и прежде всего кинетическое уравнение Больцмана;
- основные методы математического аппарата для решения линейных интегральных уравнений возникающих в кинетической теории газов;
- основные методы решения задач в динамике разреженного газа;
- методы и способы описания взаимодействия газа с поверхностью;
- методы получения кинетических уравнений из динамической теории.

Уметь:

- пользоваться аппаратом уравнений в частных производных;
- пользоваться аппаратом теории вероятностей;
- пользоваться аппаратом вероятностных функций распределения;
- решать газокинетические задачи с учетом внешних полей;
- решать задачи о поведении макроскопических систем в заданном внешнем поле;
- применять метод теории Чепмена-Энскога для вывода уравнений газовой динамики;
- применять метод Чепмена-Энскога в кинетической теории смеси газов;

- применять уравнение Фоккера-Планка для нахождения коэффициентов диффузии.

Владеть:

- основными методами математического аппарата как классической кинетической теории газов;

- навыками теоретического анализа реальных задач, связанных как со свойствами макроскопических систем различной природы, так и с их кинетическими свойствами.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Функция распределения. Уравнение Больцмана
- Свойства интеграла столкновений. H-теорема.
- Гидродинамические величины. Общее уравнение переноса. Вывод уравнений газовой динамики.
- Кинетическое уравнение для слабо неоднородного газа. Линеаризация интеграла столкновений.
- Метод Чепмена-Энскога. Вычисление коэффициентов теплопроводности и вязкости.
- Уравнение Больцмана для смеси газов. Диффузия и термодиффузия.
- Диффузия легкого газа в тяжелом. Газ Лоренца.
- Диффузия тяжелого газа в легком. Броуновское движение. Уравнение Ланжевена.
- Уравнение Фоккера-Планка. Уравнение диссипативной динамики.
- Явления в слабо разреженных газах. Тепловое скольжение. Термофорез.
- Уравнения Барнетта. Температурные напряжения в газах. Термострессовая конвекция.
- Явления в сильно разреженных газах. Свободномолекулярное течение.
- Взаимодействие с поверхностью тела. Коэффициенты аккомодации.
- Динамический вывод уравнения Больцмана.

Основная литература:

1. Физическая кинетика [Текст] : учеб. пособие для вузов / Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевский .— М. : Наука, 1979 .— 528 с.

2. Введение в современную кинетическую теорию [Текст] : курс лекций / Р. О. Зайцев .— М. : КомКнига, 2006, 2007 .— 480 с.

3. Равновесная и неравновесная статистическая механика [Текст] : в 2 т. Т. 2 / Р. Балеску ; пер. с англ. под ред. Д. Н. Зубарева, Ю. Л. Климонтовича .— М. : Мир, 1978 .— 405 с.

Математическая теория горения и процессы в камерах сгорания газотурбинные двигатели и газотурбинные установки

Цель дисциплины:

- ознакомление студентов с современными понятиями и вопросами теории ламинарного и турбулентного горения, теории лежащей на стыке математики, аэродинамики, физики и химии. На основе уравнений гидродинамики, турбулентности и химической кинетики рассматриваются аналитические и численные подходы, разработанные для описания процессов при гомогенном и диффузионном горении газов. Значительное внимание уделяется описанию современных моделей турбулентного гомогенного и диффузионного горения, а также методам численного интегрирования турбулентного горения (методы RANS, LES и DNS). Такие подходы позволяют решать не только классические задачи теории горения (задача о скорости распространения ламинарного пламени Зельдовича - Франк - Каменецкого, устойчивость фронта пламени Ландау-Дарье и т.д.), но также дают возможность анализировать различные процессы (тепловыделение, образование вредных примесей, автоколебания и т.п.) в современных камерах сгорания авиационных двигателей (ГТД) и газотурбинных установок (ГТУ). Последнему посвящен раздел курса, связанный с описанием процессов, происходящих в камерах сгорания.

Задачи дисциплины:

- ▣ формирование у студентов базовых знаний в области ламинарного и турбулентного гомогенного и диффузионного горения, а также процессов в камерах сгорания ГТУ и ГТД ;
- ▣ приобретение расчетно-теоретических знаний в области описания и моделирования ламинарных и турбулентных течений при наличии гомогенного и диффузионного горения;
- ▣ оказание консультаций и помощи студентам в проведении собственных теоретических и экспериментальных исследований в области диффузионного и гомогенного горения применительно к камерам сгорания ГТД и ГТУ.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- ▣ фундаментальные понятия, законы, теории химии и физики;

- ☐ порядки численных величин, характерные для различных разделов химии и физики;
- ☐ современные проблемы химии, физики, математики;
- ☐ современное положение дел в проблеме идентификации физических, химических и газодинамических механизмов в различных течениях;
- ☐ разновидности современных способов математического моделирования и исследования ламинарных и турбулентных течений при наличии горения и физические принципы, на которых они основаны.

Уметь:

- ☐ абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физико-химических ситуаций;
- ☐ пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач и технологических задач;
- ☐ делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- ☐ производить численные оценки по порядку величины;
- ☐ делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
- ☐ видеть в технических задачах физическое содержание;
- ☐ осваивать новые предметные области, теоретические подходы и расчетные методики;
- ☐ выводить основные уравнения моделей турбулентного горения и понимать их физический смысл;
- ☐ пользоваться аппаратом тензорного исчисления в простейших задачах;
- ☐ эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

Владеть:

- ☐ навыками освоения большого объема информации;
- ☐ навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
- ☐ культурой постановки и моделирования задач;
- ☐ навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими и расчетными данными;
- ☐ практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач;
- ☐ навыками теоретического анализа реальных задач ламинарного и турбулентного горения.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Введение в турбулентное горение. Взаимодействие между турбулентностью и пламенем. Влияние турбулентности на горение. Одномерное турбулентное гомогенное пламя. Турбулентное струйное диффузионное пламя.
- Горение – основные физические представления и понятия. Основные определения. Основные типы пламени. Примеры ламинарного и турбулентного гомогенного и диффузионного горения. Фронт пламени.
- Концепции моделирования турбулентности. Модели турбулентности. Функции плотности вероятности. Уравнение для плотности вероятности концентрации. Эмпирические двухпараметрические функции распределения вероятностей.
- Ламинарное гомогенное пламя. Анализ распространения пламени Зельдовича. Задача о скорости распространения ламинарного пламени Зельдовича - Франк - Каменецкого . Структура пламени. Скорость распространения пламени.
- Ламинарное диффузионное пламя. Конфигурация диффузионного пламени. Пламя предварительно не перемешанной смеси с быстрыми химическими реакциями. Концентрация пассивной примеси. Модель тонкого фронта пламени. Подход Бурке-Шумана.
- Математическое описание горения. Модель среды. Термическое и калорическое уравнение состояния. Законы сохранения. Уравнения сохранения вещества (уравнения диффузии и неразрывности). Уравнение сохранения импульсов. Уравнение сохранения энергии. Интегральный закон сохранения энергии.
- Модели замыкания фильтрованной скорости реакции. Ограничения метода LES. Пределы моделирования крупных вихрей. Прямое численное моделирование (Метод DNS). Разрешение масштабов турбулентности и химических масштабов.
- Моделирование крупных вихрей (Метод LES). Фильтры LES. Моделирование неразрешенных напряжений и потоков – модель Смагоринского, динамическая модель Германо, модель подобия масштабов. Дифференциальные модели для подсеточных характеристик турбулентности.
- Моделирование турбулентного диффузионного горения с использованием модели тонкого фронта пламени (flamelet модель). Совместные функции распределения вероятностей. Уравнение для дисперсии концентрации пассивной примеси и скалярной диссипации. Схемы для расчета турбулентного диффузионного горения методом RANS при бесконечно быстрых химических реакциях и при конечных скоростях химических реакций.
- Некоторые сведения из термодинамики процессов горения и химической кинетики. Законы термодинамики. Равновесие в газовых смесях. Химический потенциал. Определение адиабатической температуры пламени. Скорость химической реакции. Теплота реакции. Константы скорости реакций и закон Аррениуса. Цепные химические реакции.
- Неустойчивость фронта пламени Ландау-Дарье. Эффекты, стабилизирующие плоский фронт пламени. Теория Маркштейна.
- Пламя в потоке с градиентом скорости. «Растяжение» пламени. Погасание пламени.
- Применение метода LES для расчета диффузионного и гомогенного турбулентного горения.
- Турбулентное диффузионное горение. Формула Билгера о связи скорости химической реакции и скалярной диссипации на фронте пламени. Критические явления на фронте пламени. Малое отклонение от химического равновесия.
- Турбулентное пламя предварительно перемешанной смеси. Диаграммы Борги и Петерса. Модели турбулентного гомогенного горения. Модель Зимонта для расчета турбулентного гомогенного горения.

- Численное моделирование турбулентных течений с горением. Осреднение по Рейнольдсу и осреднение по Фавру. Осреднение уравнений Навье-Стокса (метод RANS). Осреднение скорости химической реакции. Простые модели замыкания осредненной скорости реакции. Модель разрушения вихря Сполдинга (eddy-break-up) и ее модификации.
- Явления переноса. Модели переноса вещества, импульса, энергии. Теплопроводность и диффузия в газах. Вязкость газов. Аппроксимация потоков динамических и скалярных параметров течения. Законы Фурье и Фика, числа Льюиса и Прандтля. Общая система уравнений динамики реагирующего газа. Числа Дамкелера и Карловитца. Классификация химически реагирующих течений.
- Некоторые сведения из термодинамики процессов горения и химической кинетики. Законы термодинамики. Равновесие в газовых смесях. Химический потенциал. Определение адиабатической температуры пламени. Скорость химической реакции. Теплота реакции. Константы скорости реакций и закон Аррениуса. Цепные химические реакции.
- Автоколебания в камере сгорания. Баланс акустической энергии в реагирующих потоках. Критерии неустойчивого горения Релея и Чу. Вихри при неустойчивом горении. Метод моделирования крупных вихрей при неустойчивом горении.
- Взаимодействие пламя/стенка. Виды взаимодействия пламя/стенка в ламинарных потоках. Особенности взаимодействия пламя/стенка в турбулентных потоках.
- Горение одиночной капли. Закон d^2 для времени жизни капли. Фазы горения капли. Горение аэрозолей. Режимы горения облака капель.
- Некоторые результаты расчетов методом DNS взаимодействия турбулентного пламени со стенкой. DNS расчеты по влиянию стенок на стабилизацию пламени.
- Образование оксидов азота при горении углеводородных топлив. Механизмы образования оксидов азота: термический механизм Зельдовича, Быстрое образование NO по механизму Фенимора, Образование NO из закиси азота (N_2O), превращение топливного азота в NO.
- Образование углеводородов и сажи. Не сгоревшие углеводороды, образование полициклических ароматических углеводородов. Феноменологические подходы для описания образования сажи. Численное моделирование процесса сажеобразования.
- Охлаждение стенок камеры сгорания. Пример численного моделирования системы охлаждения в камере сгорания.
- Поверхностные реакции. Некоторые основные понятия и определения гетерогенных химических реакций.
- Процессы воспламенения. Тепловой взрыв - анализ Семенова и Франк – Каменецкого. Самовоспламенение – пределы воспламенения и время задержки воспламенения. Зажигание.
- Учет влияния взаимодействия пламя/стенка в моделях теплопереноса в стенку.

Основная литература:

1. Зельдович Я.Б., Баренблатт Г.И., Либрович В.Б., Махвеладзе Г.М. Математическая теория горения и взрыв. М. «Наука», 1980.
2. Кузнецов В.Р., Сабельников В.А. Турбулентность и горение. М. «Наука», 1986.

3. Варнатц Ю., Маас У., Диббл Р. Горение. Физические и химические аспекты, моделирование, эксперименты, образование загрязняющих веществ. М. «Физматлит», 2003.
4. А. Лефевр. Процессы в камерах сгорания. Москва. Мир. 1986.
5. Poinso T., Veynante D. Theoretical and Numerical Combustion. Edwards. 2 - nd ed., 2005.

Методы решения задач аэротермодинамики космических летательных аппаратов

Цель дисциплины:

- изучение теории методов Монте-Карло и их разнообразном применении. Изучение алгоритмов решения задач динамики разреженного газа вообще и задач аэротермодинамики космических летательных аппаратов, в частности.

Задачи дисциплины:

- научить студентов исходя из постановки соответствующих задач разрабатывать алгоритмы расчета; производить необходимый объем расчетов в соответствии с заданной точностью; представлять результаты расчетов в виде графиков, гистограмм и т.п.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны
знать:

- ☐ место и роль общих вопросов науки в научных исследованиях;
- ☐ современные проблемы физики, прикладной математики и теоретической и прикладной аэрогидромеханики;
- ☐ теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в механике сплошных сред и ее приложениях;
- ☐ принципы симметрии и законы сохранения;
- ☐ новейшие открытия естествознания;
- ☐ постановку проблем физико-математического моделирования;
- ☐ о взаимосвязях и фундаментальном единстве естественных наук.

Уметь:

- ☐ эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
- ☐ представить панораму универсальных методов и законов современного естествознания;
- ☐ работать на современной вычислительной технике (распараллеливание задачи);
- ☐ абстрагироваться от несущественных влияний при моделировании реальных физических ситуаций, уметь выделить главную часть и поставить корректную краевую задачу;
- ☐ планировать оптимальное проведение численного эксперимента.

Владеть:

- ☐ планированием, постановкой и обработкой результатов физического эксперимента;
- ☐ научной картиной мира;
- ☐ навыками самостоятельной работы на современном вычислительном оборудовании, знать современные языки программирования;
- ☐ математическим моделированием физических задач в рамках метода граничного элемента и сеточных методов.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Введение. Основы метода Монте-Карло.
- Моделирование случайных величин.
- Численное интегрирование.
- Решение уравнений математической физики.
- Решение линейных интегральных уравнений.
- Основные уравнения вычислительной аэродинамики и подходы к их решению
- Численные методы решения линейных кинетических уравнений.
- Методы решения нелинейных задач динамики разреженных газов.
- Методы расчета при малых числах Кнудсена.
- Определение аэродинамических характеристик ВКС.
- Определение аэродинамических характеристик ВКС.
- Сверхзвуковое обтекание затупленных тел с энергоподводом.
- Моделирование турбулентных течений.
- Определение аэродинамических характеристик ВКС.
- Сверхзвуковое обтекание затупленных тел с энергоподводом.
- Моделирование турбулентных течений.
- Возможные направления развития методов Монте-Карло в вычислительной аэродинамике.

Основная литература:

1. Руководство по компьютерной аналитике [Текст] : учеб. пособие для вузов / Ю. И. Хлопков, В. А. Жаров, С. Л. Горелов ; М-во образования РФ, Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т) .— М. : МФТИ, 2000 .— 117 с.
2. Теоретическая физика [Текст] : в 10 т. Т. 10 : Физическая кинетика : учеб. пособие для вузов / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; под ред. Л. П. Питаевского .— 2-е изд., испр. — М. : Физматлит, 2001, 2002, 2007 .— 536 с.
3. С.М. Ермаков, Г.А. Михайлов Курс статистического моделирования, М: Наука .1976. 320с.
4. И.М. Соболев Численные методы Монте-Карло, М: Наука. 1973. 311с.
5. О.М. Белоцерковский, Ю.И. Хлопков Методы Монте-Карло в механике жидкости и газа, М: Азбука-2000. 2008. 330с.

Моделирование течений в элементах силовой установки

Цель дисциплины:

- знакомство студентов с современными методами вычислительной газовой динамики, широко используемыми при математическом моделировании течений в элементах силовых установок для летательных аппаратов различного назначения с учетом характерных особенностей потока.

Задачи дисциплины:

- формирование у студентов базовых знаний в области конечно-разностных схем газовой динамики с учетом особенностей течений в элементах силовых установок летательных аппаратов различного назначения;
- усвоение основных принципов построения конечно-разностных схем для численного решения уравнений газовой динамики с учетом направлений распространения возмущений;
- овладение опытом постановки типичных задач расчета течения в элементах силовой установки;
- приобретение практических навыков по реализации алгоритмов для численного решения задач газовой динамики при использовании конечно-разностных схем, учитывающих направления распространения возмущений;
- оказание консультаций и помощи студентам в проведении собственных расчетов течений в

элементах силовых установок.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны
знать:

- ☐ теорему о сходимости решения конечно-разностной задачи к решению дифференциальной задачи;
- ☐ в чем проявляется свойство монотонности конечно-разностной схемы при численном решении задач для модельных уравнений переноса (линейного и квазилинейного) и газовой динамики;
- ☐ основные принципы построения монотонной схемы повышенного порядка точности для модельного уравнения переноса;
- ☐ в чем заключается роль принципа минимальных производных (по абсолютной величине) при построении монотонной схемы повышенного порядка точности для модельного линейного уравнения переноса;
- ☐ основные элементы конечно-разностной схемы С.К. Годунова для численного решения уравнений газовой динамики;
- ☐ основные подходы к повышению точности схемы С.К. Годунова;
- ☐ свойства системы уравнений гиперболического типа, положенные в основу методов расщепления матрицы коэффициентов и вектора потоков для численного решения уравнений газовой динамики;
- ☐ характерные особенности применения неявных схем для численного решения стационарных задач газовой динамики с использованием методов установления;
- ☐ как сказывается на структуре системы линейных уравнений для приращений параметров по времени, которая формируется при реализации неявной схемы для численного решения задач газовой динамики, учет направления распространения возмущений.

Уметь:

- ☐ выполнить анализ устойчивости конечно-разностных схем для модельного линейного уравнения переноса с использованием спектрального критерия устойчивости;
- ☐ выполнить анализ монотонности конечно-разностных схем для модельного линейного уравнения переноса;
- ☐ пользоваться необходимым условием сходимости «Куранта-Фридрихса-Леви» при предварительном анализе применимости явных и неявных разностных схем для модельного линейного уравнения переноса, а также для уравнений одномерной нестационарной газовой

динамики;

☐ составить алгоритм решения задачи о распаде произвольного разрыва в случае волн произвольной интенсивности;

☐ воспользоваться методом представления неявной разностной схемы в приращениях, методом приближенной факторизации и итерационными методами решения системы линейных алгебраических конечно-разностных уравнений при применении неявных разностных схем для численного решения стационарных многомерных задач газовой динамики с помощью метода релаксации по времени;

☐ провести анализ «сильных» и «слабых» сторон предлагаемого студенту для использования программного пакета для решения конкретной газодинамической задачи.

Владеть:

☐ навыками, позволяющими сформулировать газодинамическую задачу о течении в узлах силовой установки с адекватной постановкой граничных и начальных условий;

☐ базовыми знаниями численных методов для решения сформулированной задачи;

☐ культурой анализа полученных численных результатов, включая исследование влияния расчетной сетки на характеристики узла или устройства.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Введение. Аппроксимация, устойчивость, теорема о сходимости.
- Конечно-разностные схемы для линейного модельного уравнения переноса. Спектральный критерий устойчивости. Явные конечно-разностные схемы первого порядка аппроксимации. Сеточно-характеристический метод. Негибкие схемы (условная аппроксимация).
- Неявные схемы. Схемы бегущего счета. Условия устойчивости.
- Понятие об обобщенном решении на примере модельного квазилинейного уравнения переноса. Монотонная конечно-разностная схема повышенного порядка для модельного квазилинейного уравнения переноса.
- Построение неоднородной разностной схемы повышенного порядка аппроксимации для модельного линейного уравнения переноса с учетом направления распространения возмущений.
- Свойство монотонности. Критерий монотонности для однородных схем.
- Схемы второго порядка точности с центральными разностями. Схемы предиктор-корректор.
- Методы численного решения системы уравнений Эйлера с направленными разностями. Метод расщепления матрицы коэффициентов. Метод расщепления вектора потоков. Явные схемы.

- Монотонная конечно-разностная схема повышенного порядка точности для одномерной нестационарной системы уравнений газовой динамики.
- Неявная схема для численного решения многомерных задач газовой динамики на основе схемы С.К. Годунова.
- Неявные схемы для системы уравнений Эйлера на основе методов расщепления матрицы коэффициентов и вектора потоков.
- Принцип минимальных производных и его использование для построения монотонной схемы повышенной точности для одномерных нестационарных задач газовой динамики. Схема предиктор-корректор повышенной точности.
- Реализация схемы С.К. Годунова в двумерном нестационарном случае. Построение схемы повышенной точности. Принцип минимальных приращений функций на неравномерных нерегулярных сетках.
- Схема С.К. Годунова для одномерных нестационарных задач газовой динамики. Задача о распаде произвольного разрыва.

Основная литература:

1. Годунов С.К., Рябенький В.С. Разностные схемы. М., Наука, 1977.
2. Рябенький В.С. Введение в вычислительную математику. М., Наука, 1994.
3. Федоренко Р.П. Введение в вычислительную физику. М., изд-во МФТИ, 1994.
4. Годунов С.К., Забродин А.В., Иванов М.Я., Крайко А.Н., Прокопов Г.П. Численное решение многомерных задач газовой динамики. М., Наука, 1976.
5. Рождественский Б.Л., Яненко Н.Н. Системы квазилинейных уравнений и их приложения к газовой динамике. М., Наука, 1968.
6. Андерсон Д., Таннехилл Дж., Плетчер Р. Вычислительная гидромеханика и теплообмен. В 2-х томах. М., Мир, 1990.
7. Флетчер К. Вычислительные методы в динамике жидкостей. В 2-х томах. М., Мир, 1991.

Нейросетевые технологии и робастная оптимизация в задачах аэродинамики

Цель дисциплины:

- знакомство с теорией искусственных нейронных сетей, а так же с многочисленными примерами применения нейросетевых технологий в задачах аппроксимации сложных функциональных зависимостей возникающих в прикладной аэродинамике а так же при

предварительном проектировании летательных аппаратов. Предполагается также знакомство с теорией динамической ассоциативной памяти близко связанной с физикой неупорядоченных систем и теорией фазовых переходов. Вторая часть курса предполагает знакомство студентов с различными методами анализа неопределенностей, возникающих в различных прикладных задачах и изучение методов оптимизации при наличии вероятностных критериев и ограничений.

Задачи дисциплины:

- научить студентов исходя из постановки соответствующих задач разрабатывать алгоритмы расчета; производить необходимый объем расчетов в соответствии с заданной точностью; представлять результаты расчетов в виде графиков, гистограмм и т.п.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны
знать:

- ☐ место и роль общих вопросов науки в научных исследованиях;
- ☐ современные проблемы физики, прикладной математики и теоретической и прикладной аэрогидромеханики;
- ☐ теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в механике сплошных сред и ее приложениях;
- ☐ принципы симметрии и законы сохранения;
- ☐ новейшие открытия естествознания;
- ☐ постановку проблем физико-математического моделирования.

Уметь:

- ☐ эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
- ☐ представить панораму универсальных методов и законов современного естествознания;
- ☐ работать на современной вычислительной технике (распараллеливание задачи);
- ☐ абстрагироваться от несущественных влияний при моделировании реальных физических ситуаций, уметь выделить главную часть и поставить корректную краевую задачу;
- ☐ планировать оптимальное проведение численного эксперимента.

Владеть:

- планированием, постановкой и обработкой результатов физического эксперимента;
- научной картиной мира;
- навыками самостоятельной работы на современном вычислительном оборудовании, знать современные языки программирования;
- математическим моделированием физических задач в рамках метода граничного элемента и сеточных методов.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Что такое нейронные сети. Биологический нейрон. Человеческий мозг. Модели нейронов. Архитектура сетей. Представление знаний.
- Процессы обучения. Обучение, основанное на коррекции ошибок. Обучение на основе памяти. Обучение Хебба. Конкурентное обучение. Обучение Больцмана. Обучение с учителем, обучение без учителя. Задачи обучения: ассоциативная память, распознавание образов, аппроксимация функций, управление, фильтрация. Память в виде матрицы корреляций.
- Однослойный персептрон. Теорема о сходимости персептрона. Графики процесса обучения. Задача адаптивной фильтрации. Взаимосвязь персептрона и байесовского классификатора в гауссовой среде.
- Многослойный персептрон. Алгоритм обратного распространения. Два прохода вычислений, скорость обучения, последовательный и пакетный режимы обучения. Критерий останова. Перекрестная проверка.
- Аппроксимация функций. Теорема об универсальной аппроксимации. «Проклятие размерности». Обучение с учителем как задача оптимизации. Метод сопряженных градиентов. Квазиньютоновские методы. Метод компьютерной заморозки. Генетический алгоритм.
- Сети на основе радиальных базисных функций (RBF). Теорема Ковера о разделимости множеств. Задача интерполяции. Теорема Мичелли. Сравнение сетей RBF и многослойных персептронов. Стратегии обучения. Случайный выбор фиксированных центров. Выбор центров на основе самоорганизации. Выбор центров с учителем.
- Карты самоорганизации. Процесс конкуренции, процесс кооперации, процесс адаптации. Упорядочение и сходимость. Краткое описание алгоритма SOM
- Нейродинамика. Динамические системы. Пространство состояний. Аттракторы. Управление аттракторами. Модель Хопфилда.
- Статистическая механика модели Хопфилда. Метод реплик. Вычисление свободной энергии.
- Фазовая диаграмма модели Хопфилда. Обобщения модели Хопфилда. Теория Е. Гарднер.
- Динамически управляемые рекуррентные сети. Алгоритмы обучения.
- Анализ источников неопределенности в модели. Эмпирические функции распределения. Методы ядерного сглаживания. Стандартные одно- и многомерные функции распределения. Анализ корреляций. Графический анализ с помощью QQ- графиков. Оценки параметров. Хи-квадрат тест. Тестирование по Колмогорову-Смирнову. Принцип максимального правдоподобия. Байесовские информационные критерии.

- Вероятностные критерии качества и теория надежности. Изовероятностные преобразования. Преобразование Розенблата. Преобразование Натафа. Индекс надежности. Методы оценки надежности первого, второго и высших порядков (FORM, SORM, HORM). Методы пробных выборок. Различные разновидности метода Монте-Карло. Метод существенных выборок. Выборки направлений. Метод Латинского гиперкуба.
- Оптимизация в условиях статистической неопределенности (робастная оптимизация) Функция потерь и функция вероятности. Функция квантили. Методы детерминированного эквивалента. Билинейная функция потерь и сферически симметричные распределения. Функция потерь возрастающая по стратегии. Доверительный метод. Максимизация целевых функций на доверительном эллипсоиде. Стохастические квазиградиентные алгоритмы. Задачи стохастического программирования с вероятностным ограничением.
- Глубокое обучение (Deep Learning)

Основная литература:

1. Теория нейронных сетей [Текст]. Кн.1 : учеб. пособие для вузов / А. И. Галушкин .— М : Ред. журнала "Радиотехника", 2000 .— 416 с.
2. Нейронные сети [Текст] : полный курс / С. Хайкин ; пер. с англ. Н. Н. Куссуль, А. Ю. Шелестова ; под ред. Н. Н. Куссуль .— 2-е изд., испр. — М. : Вильямс, 2006 .— 1103 с.
3. Нейронные сети: история развития теории [Текст]. Кн. 5 : учеб. пособие для вузов / под общ. ред. А. И. Галушкина, Я. З. Цыпкина .— М. : ИПРЖР, 2001 .— 840 с.
4. Нейронные сети: история развития теории [Текст]. Кн. 5 : учеб. пособие для вузов / под общ. ред. А. И. Галушкина, Я. З. Цыпкина .— М. : ИПРЖР, 2001 .— 840 с.
5. Оптимизация параметров многоцелевых летательных аппаратов [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / С. А. Пиявский, В. С. Брусов, Е. А. Хвилон .— М. : Машиностроение, 1974 .— 168 с.
6. Ф. Уоссерман. Нейрокомпьютерная техника. Москва: Мир,1992.
7. А.Н. Горбань, Д.А. Россиев. Нейронные сети на персональном компьютере. Новосибирск: Наука, 1996.
8. Измайлов А.Ф., Солодов М.И. Численные методы оптимизации. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008.

Основы технологий информационной поддержки разработок CALS/ИПИ

Цель дисциплины:

- знакомство студентов с принципами, базовыми технологиями, основными инструментами и примерами практической реализации информационной поддержки разработок промышленных изделий (Технологии информационной поддержки изделий или ИПИ – технологии), лежащими в основе процесса создания современной авиационной техники. Курс содержит как общие подходы к рассматриваемым вопросам, так и сведения о практической реализации ИПИ – технологий на отечественных предприятиях авиадвигателестроения.

Задачи дисциплины:

- ▣ формирование у студентов базовых знаний в области ИПИ – технологий;
- ▣ приобретение студентами знаний о назначении и особенностях использования ИПИ технологий на различных стадиях жизненного цикла сложного наукоемкого изделия, в качестве которого рассматривается современный авиационный газотурбинный двигатель (ГТД).

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- ▣ базовые принципы и принципиальные решения, используемые при создании (проектировании) наукоемких изделий авиационной техники;
- ▣ основные стадии жизненного цикла современных авиационных ГТД;
- ▣ основные проблемы реализации начальных стадий жизненного цикла современных авиационных ГТД, связанных с их проектированием;
- ▣ современное состояние проблемы информационного сопровождения разработок (реализации ИПИ – технологий).

Уметь:

- ▣ пользоваться полученными знаниями для понимания тенденций и проблем создания сложных наукоемких изделий авиационной техники;
- ▣ ориентироваться в спектре программных инструментов, используемых при реализации ИПИ – технологий на стадии проектирования авиационных ГТД.

Владеть:

- ▣ базовыми навыками по использованию средств геометрического моделирования и инженерного анализа.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- История развития, философия и основные понятия ИПИ – технологий.
- Жизненный цикл авиационного ГТД и его этапы.
- Этап концептуального проектирования.
- Этап эскизного проектирования
- Этап рабочего проектирования.
- Подготовка производства и производство.
- Испытание.
- Эксплуатация.
- Программные инструменты конструирования (CAD-системы).
- Инструменты 2 D конструирования (Компас, AutoCAD и др.)
- Инструменты 3 D конструирования (NX и др.)
- Программные инструменты технологической подготовки производства (CAM – системы)
- Управление информацией в рамках жизненного цикла изделия
- Инструменты информационной поддержки разработок
- Примеры успешной реализации технологий информационной поддержки разработок.

Основная литература:

1. Основы автоматизированного проектирования [Текст] : учебник для вузов / И. П. Норенков .— М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000 .— 360 с.
2. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования. — М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2002.
3. Норенков И.П., Кузьмик П.К. Информационная поддержка наукоемких изделий. — М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2002.

Основы физико-химической кинетики и горение

Цель дисциплины:

- знакомство студентов с основами физико-химической кинетики и процессами горения и взрыва, дисциплины, лежащей на стыке статистической физики, квантовой механики, теории строения атомов и молекул, теории релаксационных и цепных процессов, химии горения,

физики горения и взрыва, а также смежных дисциплин, обеспечивающих полноценное научное сопровождение изучение основ физико-химической кинетики и горения.

Задачи дисциплины:

- ▣ формирование у студентов базовых знаний в области физико-химической кинетики и химии горения;
- ▣ приобретение теоретических знаний в области описания и моделирования неравновесных физико-химических процессов в потоках реагирующего газа и плазмы, а также в элементах реактивных двигателей;
- ▣ оказание консультаций и помощи студентам в проведении собственных теоретических и экспериментальных исследований в области физико-химической кинетики и химии горения.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- ▣ фундаментальные понятия, законы, теории классической и современной физики и химии, включая квантовую механику и квантовую химию;
- ▣ порядки численных величин, характерные для различных разделов физики и химии;
- ▣ современные проблемы физики, математики;
- ▣ современное положение дел в проблеме идентификации физических и химических неравновесных процессов в реагирующих потоках и при горении;
- ▣ разновидности современных способов математического моделирования и исследования физико-химических процессов в реагирующих потоках и при горении.

Уметь:

- ▣ абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;
- ▣ пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных, прикладных задач и технологических задач;
- ▣ делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- ▣ производить численные оценки по порядку величины;
- ▣ делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
- ▣ видеть в технических задачах физическое содержание;

- ☐ осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;
- ☐ выводить основные уравнения понимать их физический смысл;
- ☐ пользоваться аппаратом и методологией физико-химической кинетики и теории горения в реальных задачах;
- ☐ эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

Владеть:

- ☐ навыками освоения большого объема информации;
- ☐ навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
- ☐ культурой постановки и моделирования широкого круга задач физико-химической кинетики и горения;
- ☐ навыками грамотной обработки и интерпретации результатов экспериментов и их сопоставления с теоретическими данными;
- ☐ практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач физико-химической кинетики и горения;
- ☐ навыками теоретического анализа задач физико-химической кинетики и химия горения, характерных для различных природных явлений и процессов в технических устройствах.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Основные положения физико-химической кинетики. Уравнение Паули. Принцип микроскопической обратимости и принцип детального равновесия. Теорема Лиувилля о сохранении фазового объема. Уравнение Лиувилля.
- Теория равновесных состояний в статистической физике. Вывод термического и калорического уравнений состояния на основе метода Боголюбова. Теория неравновесных процессов в статистической физике. Уравнение для одночастичной функции распределения. Цепочка уравнений Боголюбова-Кирквуда. Уравнения Власова и Больцмана. Равновесное решение уравнения Больцмана
- Основные положения квантовой механики. Уравнение Шредингера. Структура атомов и молекул. Поверхности потенциальной энергии. Возбужденные состояния (вращательные, колебательные и электронные). Классификация термов. Атомарные и молекулярные спектры. Спин-орбитальное взаимодействие и тонкая структура спектров.⁴
- Особенности поступательной релаксации. Газокинетическое уравнение Больцмана и его решение для однокомпонентной системы. Вращательная релаксация. Основные понятия. Время вращательной релаксации. Классическая теория. Полуклассические теории.
- Колебательная релаксация. Основные положения. Колебательная релаксация в однокомпонентной системе двухатомных молекул. V-T и V-V обмен. Времена релаксации.

Гармонический и ангармонический осциллятор. Уровневое и модовое приближения для описания колебательной релаксации. Описание колебательной релаксации в трех- и многоатомных молекулах.

- Основы электронной кинетики атомов и молекул. E-E, E-V и E-T процессы. Основные модели и уравнения.
- Химические реакции в газах: основные понятия. Простые и сложные реакции. Скорость необратимой и обратимой реакции. Энергия связи. Теплота реакции. Химическое равновесие, константа равновесия, принцип детального равновесия в химической кинетике. Простейшие модели столкновений. Расчет констант скоростей реакций. Макроскопический и микроскопический аспекты кинетики химических реакций. Учет внутренних степеней свободы.
- Основные положения химии горения. Метод квазистационарных концентраций. Воспламенение и горение. Механизмы инициирования горения. Цепные неразветвленные и разветвленные реакции. Самоускоряющиеся химические реакции. Взрыв и самовоспламенение. Теория Н.Н. Семенова и её модификация при возбужденных реагентах. Примеры реагирующих систем с цепными реакциями: $\text{H}_2 + \text{O}_2$ (воздух), $\text{CH}_4 + \text{O}_2$ (воздух).

Основная литература:

1. Л.И. Ландау, Е.М. Лифшиц. Квантовая Механика. Нерелятивистская Теория. Москва. Наука. 1977.
2. И.П. Баранов. Термодинамика. М.: Высшая Школа 1976.
3. Неравновесные физико-химические процессы в газовых потоках и новые принципы организации горения. Под редакцией А.М. Старика. М.: ТОРУС ПРЕСС, 2011. 872 с.
4. Семиохин И.А., Страхов Б.В., Осипов А.И. Кинетика химических реакций. М.: Изд-во МГУ. 1995.
5. Гордиец Б.Ф., Осипов А.И. Шелепин Л.А. Кинетические процессы в газах и молекулярные лазеры. М.: Наука. 1980.
6. Химия горения. Под ред. Гардинера У. М.: Мир. 1988.
7. Старик А.М., Титова Н.С. Об уменьшении температуры воспламенения молекулярных систем при неравновесном возбуждении колебательных степеней свободы реагирующих молекул. // Кинетика и Катализ. 2000. т.41. №5. с.650-657.

Цель дисциплины:

формирование межкультурной профессионально ориентированной коммуникативной компетенции на средне-продвинутом уровне B1+ (по Общеввропейской шкале уровней владения иностранными языками) для решения социально-коммуникативных задач в различных областях бытовой, культурной, профессиональной и научной деятельности на русском языке, а также для дальнейшего самообразования.

Задачи дисциплины:

Задачи формирования межкультурной профессионально ориентированной коммуникативной компетенции состоят в последовательном овладении студентами совокупностью субкомпетенций, основными из которых являются:

- лингвистическая компетенция, т.е. умение адекватно воспринимать и корректно использовать языковые единицы на основе знаний о фонологических, грамматических, лексических, стилистических особенностях изучаемого языка;
- социолингвистическая компетенция, т.е. умение адекватно использовать реалии, фоновые знания, ситуативно обусловленные формы общения;
- социокультурная компетенция, т.е. умение учитывать в общении речевые и поведенческие модели, принятые в соответствующей культуре;
- социальная компетенция, т.е. умение взаимодействовать с партнерами по общению, вступать в контакт и поддерживать его, владея необходимыми стратегиями;
- стратегическая компетенция, т.е. умение применять разные стратегии для поддержания успешного взаимодействия при устном / письменном общении;
- дискурсивная компетенция, т.е. умение понимать и порождать иноязычный дискурс с учетом культурно обусловленных различий;
- общая компетенция, включающая наряду со знаниями о стране и мире, об особенностях языковой системы также и способность расширять и совершенствовать собственную картину мира, ориентироваться в медийных источниках информации;
- межкультурная компетенция, т.е. способность достичь взаимопонимания в межкультурных контактах, используя весь арсенал умений для реализации коммуникативного намерения;
- компенсаторная компетенция, т.е. способность избежать недопонимания, преодолеть коммуникативный барьер за счет использования известных речевых и метаязыковых средств.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- ☐ основные факты, реалии, имена, достопримечательности, традиции России;
- ☐ достижения, открытия, события из области русской науки, культуры, политики, социальной жизни;
- ☐ фонетические, лексико-грамматические, стилистические особенности русского языка и его отличие от родного языка;
- ☐ особенности основных типов и некоторых жанров письменной и устной речи;
- ☐ особенности и различный формулы русского речевого этикета.

Уметь:

- ☐ понимать на слух содержание законченного по смыслу аудиотекста, в котором используются в основном эксплицитные способы выражения содержания, а допустимые имплицитные формы отличаются высокой частотностью и стандартностью моделей продуцирования смысла;
- ☐ достигать необходимых уровней понимания в различных сферах и ситуациях общения в соответствии с заданными параметрами социальных и поведенческих характеристик общения;
- ☐ понимать основное тематическое содержание, а также наиболее функционально значимую смысловую информацию, отражающую намерения говорящего;
- ☐ понимать семантику отдельных фрагментов текста и ключевых единиц, определяющих особенности развития тематического содержания;
- ☐ понимать основные социально-поведенческие характеристики говорящего;
- ☐ понимать основные цели и мотивы говорящего, характер его отношения к предмету речи и реципиенту, выраженные в аудиотексте эксплицитно;
- ☐ достигать определенных целей коммуникации в различных сферах общения с учетом социальных и поведенческих ролей в диалогической и монологической формах речи;
- ☐ организовывать речь в форме диалога, быть инициатором диалога-расспроса, используя развитую тактику речевого общения (начинать и заканчивать разговор в ситуациях различной степени сложности, вербально выражать коммуникативную задачу, уточнять детали сообщения собеседника);
- ☐ продуцировать монологические высказывания, содержащие: описание конкретных и абстрактных объектов; повествование об актуальных для говорящего событиях во всех видо-временных планах; рассуждения на актуальные для говорящего темы, содержащие выражение мнения, аргументацию с элементами оценки, выводы;

☐ достигать цели коммуникации в ситуации свободной беседы, где роль инициатора общения принадлежит собеседнику и где необходимо умение реализовать тактику речевого поведения, характерную для неподготовленного общения в рамках свободной беседы (преимущественно на социально-культурные темы);

☐ репродуцировать письменный и аудиотексты, демонстрируя умение выделять основную информацию, производить компрессию путем исключения второстепенной информации;

☐ продуцировать письменный текст, относящийся к официально-деловой сфере общения (заявление, объяснительная записка, доверенность, рекомендация и т.д.);

☐ осуществлять дистантное письменное общение, вести записи на основе увиденного и прочитанного с элементами количественной и качественной характеристики, оценки, с использованием типизированных композиционных компонентов (введение, развертывание темы, заключение);

☐ проявлять толерантность, эмпатию, открытость и дружелюбие при общении с представителями другой культуры.

Владеть:

☐ межкультурной профессионально ориентированной коммуникативной компетенцией в разных видах речевой деятельности на уровне В1+;

☐ социокультурной компетенцией для успешного взаимопонимания в условиях общения с представителями другой культуры;

☐ различными коммуникативными стратегиями;

☐ учебными стратегиями для организации своей учебной деятельности;

☐ стратегиями рефлексии и самооценки в целях самосовершенствования личных качеств и достижений;

☐ разными приемами запоминания и структурирования усваиваемого материала;

☐ Интернет-технологиями для выбора оптимального режима получения информации.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Роль семьи в жизни человека и в современном обществе. Автобиография.
- Человек и общество. Выдающиеся личности.
- Человек и наука. Проблемы современного образования и науки.
- Национальные праздники и традиции. Свободное время.
- Художественная культура России.
- Человек и искусство.

- Человек и его профессия
- Научный прогресс и духовное развитие человечества

Основная литература:

1. Русский язык в упражнениях [Текст] = Russian in Exercises : учеб. пособие (для говорящих на английском языке) / С. А. Хавроница, А. И. Широценская .— М. : Русский язык. Курсы, 2014 .— 384 с.
2. Слушать и услышать [Текст] : пособие по аудированию для изучающих русский язык как неродной. Базовый уровень (А2) / В. С. Ермаченкова .— / 3-е изд. — СПб : Златоуст, 2010 .— 112 с.
3. Слово. Пособие по лексике и разговорной практике [Текст] : [учеб. пособие для иностранных учащихся] / В. С. Ермаченкова .— 2-е изд., испр. и доп. — СПб : Златоуст, 2010 .— 212 с.

Теория воздушно-реактивных двигателей

Цель дисциплины:

- знакомство студентов с основами теории воздушно-реактивных двигателей (ВРД), дисциплины, лежащей на стыке термодинамики и аэродинамики, а также ряда других дисциплин (теплообмен, горение, прочность), связанных с физическими процессами в газотурбинных двигателях (ГТД) и прямоточных воздушно-реактивных двигателях (ПВРД) различного назначения при их работе в различных условиях эксплуатации. Курс содержит как теоретические основы термодинамики, аэродинамики, теплообмена, горения и прочности, так и сведения об их использовании при описании характеристик ВРД.

Задачи дисциплины:

- ☐ формирование у студентов базовых знаний в области теории ВРД;
- ☐ приобретение студентами знаний о назначении и особенностях работы ВРД в составе летательного аппарата;
- ☐ оказание помощи студентам в преддипломной практике, связанной с физическими процессами в авиационных ВРД.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- ▣ фундаментальные понятия и законы классической физики, лежащие в основе процессов в ВРД;
- ▣ порядки численных величин, характерные для различных физических процессов в ВРД;
- ▣ современные проблемы физики и вычислительной математики, связанные с описанием и моделированием процессов в ВРД;
- ▣ современное состояние дел в проблеме описания и моделирования процессов в ВРД;
- ▣ современные способы экспериментального получения характеристик ВРД.

Уметь:

- ▣ пользоваться полученными знаниями по теории ВРД для понимания основных характеристик ВРД и сравнения различных двигателей;
- ▣ проводить оценки тяговых характеристик ВРД с использованием известных интегральных параметров;
- ▣ ориентироваться в направлениях развития ВРД и в тенденциях изменения их основных характеристик;
- ▣ выводить основные соотношения, связывающие характеристики узлов и элементов ВРД с их тяговыми и топливо-экономическими параметрами;
- ▣ пользоваться математической моделью ВРД традиционного типа для расчета его тяговых и топливо-экономических характеристик;
- ▣ правильно строить дроссельные и высотно-скоростные характеристики ВРД с использованием стандартных приложений MSOffice.

Владеть:

- ▣ структурой данных, необходимых для моделирования работы ВРД и построения его характеристик;
- ▣ навыками самостоятельной работы с математической моделью ВРД традиционного типа;
- ▣ навыками обработки результатов применения математической модели ВРД;
- ▣ навыками сравнительного анализа характеристик ВРД, полученных для разных условий полета;
- ▣ навыками сравнительного анализа характеристик различных ВРД, полученных для заданных условий полета.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Основные вопросы теории воздушно реактивных двигателей (ВРД).
- Принцип действия, классификация, тяга.
- Удельные параметры.
- ВРД как тепловая машина (рабочий цикл).
- ВРД как движитель.
- Авиационный газотурбинный двигатель (ГТД) и характеристики его основных узлов.
- Воздухозаборники (ВЗ): общие сведения; требования к ВЗ; дозвуковые и трансзвуковые ВЗ; сверхзвуковые ВЗ.
- Компрессора и турбины: общие сведения; основные уравнения; характеристики и регулирование компрессоров; характеристики и регулирование турбин.
- Камеры сгорания (КС): общие сведения; характеристика процессов горения; основные типы КС; форсажные КС; эмиссия КС и пути снижения вредных выбросов.
- Выходные устройства (ВУ): общие сведения; дозвуковые и трансзвуковые ВУ; сверхзвуковые ВУ; ВУ для реверсирования тяги.
- Одноконтурные турбореактивные двигатели без форсажной камеры сгорания (ТРД) и с форсажной камерой сгорания (ТРДФ).
- Определение термодинамических и удельных параметров двигателей.
- Зависимость удельной тяги и удельного расхода топлива двигателей от параметров рабочего процесса и условий полета.
- Высотноскоростные и дроссельные характеристики двигателей.
- Двухконтурные турбореактивные двигатели без форсажной камеры сгорания (ТРДД) и с форсажной камерой сгорания (ТРДДФ).
- Параметры, характеризующие эффективность двухконтурных двигателей и оптимальное распределение свободной энергии между контурами.
- Определение термодинамических и удельных параметров двигателей.
- Зависимость удельной тяги и удельного расхода топлива двигателей от параметров рабочего процесса и условий полета.
- Высотноскоростные и дроссельные характеристики двигателей.
- Современное состояние и перспективы развития.
- Вспомогательные авиационные ГТД (ВГТД) и их основные особенности.
- Схемы и области применения.
- Параметры, характеризующие эффективность двигателей.
- Современное состояние и перспективы развития.
- Авиационный ГТД в составе самолета.
- Задачи согласования двигателя и самолета.
- Оценка эффективности применения двигателя на самолете.
- Современное состояние и перспективы развития.
- Задачи согласования двигателя и самолета.

Основная литература:

1. Теория и расчет воздушно-реактивных двигателей. Под ред. С.М. Шляхтенко. Учебник для ВУЗов – 2-ое изд. Переработанное и дополненное. – М., Машиностроение, 1987.
2. Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок. Под

ред. д.т.н., профессора А.В.Сосунова и д.т.н., профессора В.М.Чепкина. – М. Издательство МАИ, 2003.

3. Теория воздушно-реактивных двигателей. Под ред. С.М. Шляхтенко. М., Машиностроение, 1975.

Теплообмен в воздушно-реактивных двигателях

Цель дисциплины:

- построение и содержание курса ориентировано на то, чтобы дать будущим инженерам общие представления о процессах теплообмена в условиях, соответствующих рабочему процессу в воздушно-реактивных двигателях (ВРД). В то же время для тех, кто будет в дальнейшем специализироваться на задачах теплообмена, курс является необходимой базой при освоении методов и подходов в решении прикладных задач теплообмена в ВРД.

Задачи дисциплины:

- ☐ формирование у студентов базовых знаний в области теплообмена;
- ☐ приобретение теоретических и инженерных знаний в области описания процессов теплообмена в воздушно-реактивных двигателях;
- ☐ оказание консультаций и помощи студентам в получении представлений о роли теплообмена в рабочем процессе и особенностях конструкции авиационного двигателя.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- ☐ основные закономерности, описывающие перенос тепла при взаимодействии горячего потока с поверхностью.

Уметь:

- ☐ использовать основные соотношения, описывающие перенос тепла при взаимодействии потока со стенкой, пользоваться соответствующей литературой.

Владеть:

- ☐ приемами выбора постановки задачи для конкретных расчетов.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Анализ размерностей для случая $p = \text{const}$, числа Nu , Re , Pr .
- Вводная часть. Авиационный двигатель - тепловая машина. Мощность и тяга двигателя, термодинамический и импульсивный КПД. Связь КПД с основными термодинамическими параметрами. Циклы Карно и Брайтона. Коэффициент избытка воздуха и уровни температур в элементах ВРД. Основные принципы охлаждения элементов ВРД. Термоциклы. Две постановки задачи охлаждения.
- Задача Польгаузена о вертикальной стенке. Движение среды и тепловой поток.
- Общие решения и постановка задач для стационарного и нестационарного распределения температур. Задача о ступеньке температуры и мгновенном точечном источнике.
- Связь между распределениями температур и скоростей. Задача о термометре, коэффициент восстановления. Задача об охлаждении (нагреве) стенки.
- Теплопередача в движущихся средах при учете диссипации. Различие диссипационных процессов при $Re \gg 0$ и $Re \ll 1$. Течение Пуазейля. Течение Куэтта, критерий Эккерта.
- Теплопередача в движущихся средах. Уравнение энергии в гидродинамике. Постановка задач переноса тепла при использовании уравнений для сжимаемой и несжимаемой среды. Система уравнений динамики и теплопереноса при $M \ll 1$.
- Теплопередача в неподвижной среде, закон Фурье. Закон Ньютона-Рихмана. Уравнение теплопроводности для неподвижной среды.
- Теплопередача при наличии эффектов конвенции. Появление архимедовых сил и уравнения движения с учетом архимедовых сил. Постановка задачи для описания динамики среды при малых изменениях плотности. Критерии Рэлея (R) и Грасгофа (Gr).
- Условие сохранения тепла. Применимость решений, релаксация. Ламинарный пограничный слой без диссипации, эффективность протяженности охлаждаемых поверхностей.
- Заградительное (пленочное) охлаждение с выдувом охлаждающего газа.
- Законы излучения для твердого тела и газа. Длина свободного пробега излучения. Особенности теплового состояния полостей с излучающим газом.
- Критериальные зависимости для теплообмена в погранслое, их аналогия с данными для трения: шероховатость, турбулентность. Влияние числа Pr и перехода к турбулентности на теплообмен. Качественный анализ теплообмена на аэродинамическом профиле.
- Лучистый теплообмен. Лучистые потоки энергии, яркость, интенсивность. Процессы отражения и поглощения.
- Обтекание цилиндра, зависимость $C_w(Re)$. Определение числа Nu при обтекании цилиндра, зависимость $Nu(Re)$ и $Nu(Re, \lambda)$ при обтекании цилиндра.
- Определяющая роль структуры течения в задачах теплообмена. Температурный пограничный слой, соотношение между тепловым и динамическим слоями. «Аналогия Рейнольдса», цена интенсификации теплообмена, охлаждение лопатки турбины.
- Оребренная труба – теплообмен и трение.
- Примеры реализации теплообменных систем. Теплообмен при поперечном обтекании труб.
- Процессы переноса в турбулентном пограничном слое. Динамическая задача: распределение параметров в пограничном слое, структура развитого турбулентного пограничного слоя, ламинарный подслой, «скорость трения», логарифмический участок профиля скорости, внешний слой.
- Распределение температуры, влияние чисел Pr и Pr_t . Влияние шероховатости на динамические и тепловые параметры в погранслое.

- Струйное заградительное охлаждение, анализ структуры течения на основе теории турбулентных струйных течений.

Основная литература:

1. Теория двухконтурных турбореактивных двигателей. Под ред. С.М. Шляхтенко и В.А. Сосунова - Машиностроение, 1979.
2. Ю.Н. Нечаев. Теория авиационных двигателей. Изд. ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1990.
3. Л.И. Седов. Механика сплошной среды. Т.1. Москва, Наука, 1976.
4. Г. Шлихтинг. Теория пограничного слоя. М., ИЛ, 1956.
5. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Гидродинамика, М., Наука, 1986.
6. С.С. Кутателадзе. Основы теории теплообмена, Машгиз, 1962.
7. А.В. Лыков, Ю.А. Михайлов. Теория тепло-массопереноса, Госэнергоиздат, 1963.
8. Г.Н. Абрамович и др. Теория турбулентных струй. М., Наука, 1984.
9. Э.Р. Эккерт, Р.М. Дрейк. Теория тепло- и массообмена. Перевод с английского под ред. А.В. Лыкова, Госэнергоиздат, 1961г.
10. А.А. Жукаускас. Конвективный перенос в теплообменниках. М., Наука, 1982.
11. Г. Гребер, С. Эрк, У. Григуль. Основы учения о теплообмене. Пер. с немецкого под ред. А.А. Гухмана. Изд. ИЛ, Москва, 1958.
12. М.Н. Оцисик. Сложный теплообмен. Пер. с английского под ред. Н.А. Анфимова. Изд. «Мир», Москва, 1976.
13. В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел. Теплопередача. Изд. «Энергия», Москва, 1969.
14. С.Ю. Крашенинников. Введение в теорию теплообмена в воздушно-реактивных двигателях. Изд. ЦИАМ, Москва, 2009.

Термически неравновесные процессы и кинетика формирования наноструктур

Цель дисциплины:

- знакомство студентов с основами физико-химической кинетики и процессами горения и взрыва, дисциплины, лежащей на стыке статистической физики, квантовой механики, теории

строения атомов и молекул, теории релаксационных и цепных процессов, химии горения, физики горения и взрыва, а также смежных дисциплин, обеспечивающих полноценное научное сопровождение изучение основ физико-химической кинетики и горения.

Задачи дисциплины:

- ▣ формирование у студентов базовых знаний в области физико-химической кинетики и химии горения;
- ▣ приобретение теоретических знаний в области описания и моделирования неравновесных физико-химических процессов в потоках реагирующего газа и плазмы, а также в элементах реактивных двигателей;
- ▣ оказание консультаций и помощи студентам в проведении собственных теоретических и экспериментальных исследований в области физико-химической кинетики и химии горения.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- ▣ фундаментальные понятия, законы, теории классической и современной физики и химии, включая квантовую механику и квантовую химию;
- ▣ порядки численных величин, характерные для различных разделов физики и химии;
- ▣ современные проблемы физики, математики;
- ▣ современное положение дел в проблеме идентификации физических и химических неравновесных процессов в реагирующих потоках и при горении;
- ▣ разновидности современных способов математического моделирования и исследования физико-химических процессов в реагирующих потоках и при горении.

Уметь:

- ▣ абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;
- ▣ пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных, прикладных задач и технологических задач;
- ▣ делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- ▣ производить численные оценки по порядку величины;
- ▣ делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;

- ☐ видеть в технических задачах физическое содержание;
- ☐ осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;
- ☐ выводить основные уравнения понимать их физический смысл;
- ☐ пользоваться аппаратом и методологией физико-химической кинетики и теории горения в реальных задачах;
- ☐ эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

Владеть:

- ☐ навыками освоения большого объема информации;
- ☐ навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
- ☐ культурой постановки и моделирования широкого круга задач физико-химической кинетики и горения;
- ☐ навыками грамотной обработки и интерпретации результатов экспериментов и их сопоставления с теоретическими данными;
- ☐ практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач физико-химической кинетики и горения;
- ☐ навыками теоретического анализа задач физико-химической кинетики и химия горения, характерных для различных природных явлений и процессов в технических устройствах.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Основные положения физико-химической кинетики. Уравнение Паули. Принцип микроскопической обратимости и принцип детального равновесия. Теорема Лиувилля о сохранении фазового объема. Уравнение Лиувилля.
- Теория равновесных состояний в статистической физике. Вывод термического и калорического уравнений состояния на основе метода Боголюбова. Теория неравновесных процессов в статистической физике. Уравнение для одночастичной функции распределения. Цепочка уравнений Боголюбова-Кирквуда. Уравнения Власова и Больцмана. Равновесное решение уравнения Больцмана
- Основные положения квантовой механики. Уравнение Шредингера. Структура атомов и молекул. Поверхности потенциальной энергии. Возбужденные состояния (вращательные, колебательные и электронные). Классификация термов. Атомарные и молекулярные спектры. Спин-орбитальное взаимодействие и тонкая структура спектров.
- Особенности поступательной релаксации. Газокинетическое уравнение Больцмана и его решение для однокомпонентной системы. Вращательная релаксация. Основные понятия. Время вращательной релаксации. Классическая теория. Полуклассические теории.

- Колебательная релаксация. Основные положения. Колебательная релаксация в однокомпонентной системе двухатомных молекул. V-T и V-V обмен. Времена релаксации. Гармонический и ангармонический осциллятор. Уровневое и модовое приближения для описания колебательной релаксации. Описание колебательной релаксации в трех- и многоатомных молекулах.
- Основы электронной кинетики атомов и молекул. E-E, E-V и E-T процессы. Основные модели и уравнения.
- Химические реакции в газах: основные понятия. Простые и сложные реакции. Скорость необратимой и обратимой реакции. Энергия связи. Теплота реакции. Химическое равновесие, константа равновесия, принцип детального равновесия в химической кинетике. Простейшие модели столкновений. Расчет констант скоростей реакций. Макроскопический и микроскопический аспекты кинетики химических реакций. Учет внутренних степеней свободы.
- Основные положения химии горения. Метод квазистационарных концентраций. Воспламенение и горение. Механизмы инициирования горения. Цепные неразветвленные и разветвленные реакции. Самоускоряющиеся химические реакции. Взрыв и самовоспламенение. Теория Н.Н. Семенова и её модификация при возбужденных реагентах. Примеры реагирующих систем с цепными реакциями: $\text{H}_2 + \text{O}_2$ (воздух), $\text{CH}_4 + \text{O}_2$ (воздух).

Основная литература:

1. Л.И. Ландау, Е.М. Лифшиц. Квантовая Механика. Нерелятивистская Теория. Москва. Наука. 1977.
2. И.П. Баранов. Термодинамика. М.: Высшая Школа 1976.
3. Неравновесные физико-химические процессы в газовых потоках и новые принципы организации горения. Под редакцией А.М. Старика. М.: ТОРУС ПРЕСС, 2011. 872 с.
4. Семиохин И.А., Страхов Б.В., Осипов А.И. Кинетика химических реакций. М.: Изд-во МГУ. 1995.
5. Гордиец Б.Ф., Осипов А.И. Шелепин Л.А. Кинетические процессы в газах и молекулярные лазеры. М.: Наука. 1980.
6. Химия горения. Под ред. Гардинера У. М.: Мир. 1988.
7. Старик А.М., Титова Н.С. Об уменьшении температуры воспламенения молекулярных систем при неравновесном возбуждении колебательных степеней свободы реагирующих молекул. // Кинетика и Катализ. 2000. т.41. №5. с.650-657.

