

Аннотация дисциплины

Компьютерные технологии в ядерной энергетике и теплофизике - Б1.О.05

Цель дисциплины: изучение использования информационных технологий при проектировании новых низкотемпературных систем и установок.

Место дисциплины в структуре ОПОП: дисциплина обязательной части блока 1 по направлению подготовки магистратуры 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика. (профили: «Физика и техника низких температур», «Теплофизика и молекулярная физика», «Физико-технические проблемы атомной энергетике», «Прикладная физика плазмы и управляемый термоядерный синтез», «Нанотехнологии и наноматериалы в энергетике»). Количество зачетных единиц -4.

Содержание разделов

Автоматизированный физический эксперимент. Типовая схема автоматизации. Технические средства автоматизации эксперимента. Режимы работы автоматизированных систем. Компьютеры и микропроцессоры в системах реального времени. Структура и основные физические параметры компьютеров, работающих в системах реального времени. Организация системы прерываний. Периферийные устройства.

Базовые электронные схемы и элементная база автоматизации. Схемы для аналоговой обработки сигналов на основе операционных усилителей с линейными и нелинейными элементами в цепи обратной связи. Основные характеристики операционных усилителей. Базовые электронные схемы для обработки цифровых сигналов на основе операционных усилителей. Дискриминаторы и формирователи логических сигналов. Устройство выборки и хранения. Генераторы и стабилизаторы. Базовые электронные схемы для обработки цифровых сигналов на основе логических элементов. Типы логических элементов. Схемотехническая реализация различной логики Блоки для автоматизации экспериментов. Электрические стандарты для устройств цифровой обработки сигналов. Технические характеристики и принцип действия аналого-цифровых преобразователей. Регистры и счётчики. Коммутаторы и мультиплексоры. Блоки управления. Измерительные преобразователи физических величин. Внешний и внутренний фотоэффект. Фотоприёмники и фотоумножители их характеристики и особенности их применения. Фоторезисторы, их устройство и основные характеристик Полупроводниковые датчики температуры. Терморезисторы, их устройство и основные характеристики. Термопары их характеристики и особенности применения. Способы стабилизации температуры холодного спая. Интегральные датчики температуры Механические преобразователи перемещений. Полупроводниковые преобразователи перемещений. Тензорезисторы, их устройство и основные характеристики. Электрические преобразователи. Магнитные преобразователи. Датчик Холла и линейный дифференциальный трансформатор. Пьезоэлектрические преобразователи. Датчики прямого и косвенного преобразования. Особенности преобразователей расхода Методы измерения объемного и массового расхода. Механические преобразователи расхода.

Тепловые преобразователи, их характеристики и особенности применения. Магнитные преобразователи. Измерение характеристик потока с помощью ультразвукового и лазерного зондирования.

Интерфейсы для связи с экспериментом. Приборный интерфейс. Интерфейсно - модульная система КАМАК. Механический и электрический стандарты. Логическая организация системы КАМАК. Структура команд. Временные характеристики цикла КАМАК. Протокол обмена между функциональными модулями и контроллером. Развитие электронно-модульных систем для автоматизации научных исследований.

Аннотация дисциплины

Холодильные машины и установки- Б1.В.01

Цель дисциплины: изучение современной холодильной техники; новых озонобезопасных хладагентов и холодильных масел; теории современных холодильных компрессоров; методики проектирования промышленных холодильников; современной автоматизации холодильных установок.

Место дисциплины в структуре ОПОП: дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока 1 по направлению подготовки магистратуры 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика, профиль «Физика и техника низких температур. Количество зачетных единиц -5.

Содержание разделов

Основные определения. Деление компрессоров по принципу действия; по конструкции; по системам смазки; по давлению; по системам охлаждения. Индикаторная диаграмма. Энергетический баланс идеализированного компрессора. Изотермический компрессор. Адиабатный компрессор. Влияние давления всасывания и нагнетания на работу компрессора. Действительный (реальный) компрессор. Упрощение индикаторной диаграммы по гидравлическим сопротивлениям в клапанах. Коэффициент подачи реального поршневого компрессора. КПД поршневых компрессоров. Многоступенчатый компрессор. Способы регулирования производительности поршневых компрессоров. Основы математического моделирования поршневых компрессоров.

Диаграммы $T-q$ регенеративного теплообменника. Согласование эпюр холодопроизводительности с эпюрой тепловой нагрузки. Определение интервалов интенсивного фазового перехода отдельных компонентов смеси. Диаграммы $q_0 - \tau_e$.

Деление БХП по способу получения холода, по конструкции, по степени комфортности, по способу установки, по потреблению электроэнергии. Процессы, происходящие в БХП. Коэффициент рабочего времени. Монтажная схема однокамерного холодильника. Конструкция двухкамерного холодильника. Обнаружение неисправностей. Последовательность ремонта БХП.

Классификация Холодильников. Вместимость промышленных холодильников. Типы строения холодильников. Классификация камер холодильников. Характеристики камер холодильников. Проектирование промышленных холодильников. Защитные средства автоматизации. Системы регулирования. Распределители потоков хладагента. Принципиальная схема автоматизации малых холодильных машин. Техническое обслуживание. Текущий ремонт. Консервирование оборудования. Организация технического ухода. Правила безопасности.

Принципы действия кондиционирования воздуха. Бытовые кондиционеры. Промышленные кондиционеры. Параметры комфортности.

Предназначение тепловых насосов и комбинированных установок. Принципы действия. Диаграммы $T - s$ и $T - h$ процессов тепловых насосов и комбинированных установок. Основы сублимирования пищевых, медицинских и биологических продуктов. Области применения сублимационных установок. Технологическая схема сублимационной установки. Основные элементы сублимационных установок. Энергетические показатели Сублимационных установок.

Состав хладоагрегатов. Блок повышения давления. Ресивер. Регенеративный теплообменник. Расширительное устройство. Испаритель. Холодильная камера. Конденсаторы; вентиляторы; ресиверы; фильтры и осушители; маслоотделители; вентили.

Аннотация дисциплины

Криовакуумная техника- Б1.В.02

Цель дисциплины: теоретическое изучение элементарных процессов, протекающих в вакуумных системах, позволяющее рассчитывать характеристики реальных систем.

Место дисциплины в структуре ОПОП: дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока 1 по направлению подготовки магистратуры 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика, профиль «Физика и техника низких температур. Количество зачетных единиц -4.

Содержание разделов

Основные понятия вакуумной техники. Понятие вакуума. Единицы измерения давления в вакуумной технике. Состав сухого атмосферного воздуха. Скорость движения молекул газа. Число молекул газа, ударяющихся о единичную поверхность стенки сосуда в единицу времени. Средняя длина свободного пробега молекул.

Основные характеристики вакуумных насосов. Режимы течения газа. Расчет проводимости в свободно-молекулярном и вязкостном режимах. Расчет проводимости в свободно-молекулярном режиме методом угловых коэффициентов и методом Монте-Карло пробной частицы. Механические насосы: поршневые, ротационные, двухроторные.

Молекулярные насосы. Принцип работы. Преимущества и недостатки. Основные характеристики.

Механизм откачки. Испарительные насосы. Электродуговые геттерные насосы. Ионно-геттерные насосы. Магнитные электроразрядные насосы. Преимущества и недостатки. Основные характеристики. Принцип работы. Низкотемпературные геттеры. Температура активации. Конструктивные исполнения. Преимущества и недостатки. Области применения.

Принцип действия. Сорбент. Скорость адсорбции и десорбции. Адсорбционная емкость. Полное число молекул, которые могут быть поглощены поверхностью единичной площади. Изотерма сорбции. Определение теплоты адсорбции. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Удельная поверхность. Емкость монослоя. Активные угли. Цеолиты. Силикагели. Их основные характеристики. Конструктивное исполнение адсорбционных насосов. Преимущества и недостатки.

Криовакуумная техника. Классификация крионасосов. Принцип работы. Требования, предъявляемые к идеальному насосу. Коэффициенты массообмена (коэффициент прилипания и конденсации). Методика расчета, принципиальные схемы и особенности конструкции. Определение времени откачки до заданного давления. Зависимость быстроты действия от давления.

Общие принципы устройства. Особенности расчета криовакуумной системы. Конструктивное исполнение. Газовые криосорбенты. Их преимущества перед традиционными сорбентами. Зависимость сорбционной емкости от условий формирования криослоя (род газа, толщина слоя, температура слоя, температура откачиваемого газа). Криозахват. Конструктивное исполнение.

Специфика измерения вакуума при низких температурах. Эффект Кнудсена. Манометр чашечный ртутный. Трубка Бурдона. Термопарный преобразователь давления. Ионизационный преобразователь давления. Преобразователь Байярда-Альперта. Течеискание. Вакуумно-технологические проблемы установок термоядерного синтеза. Условия осуществления термоядерной реакции. Магнитные ловушки. Лазерный термоядерный синтез. Система откачки продуктов реакции термоядерного синтеза. Требования к вакуумным насосам. Криооткачка газодинамических установок. Криотермовакуумные установки и криовакуумное оборудование. Вакуумное обеспечение ускорительно-накопительных комплексов.

Аннотация дисциплины

Процессы переноса в существенно неравновесных системах - Б1.В.03

Цель дисциплины: изучение особенностей процессов переноса, характеризующихся значительной неравновесностью, при их реализации в соответствующих прикладных задачах и устройствах.

Место дисциплины в структуре ОПОП: дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока 1 по направлению подготовки магистратуры 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика, профиль «Физика и техника низких температур. Количество зачетных единиц - 4.

Содержание разделов

Термические сопротивления: внешнее (газодинамическое), межфазное, пленки конденсата. Роль каждого в зависимости от интенсивности процесса.

Решение уравнения Больцмана во всей области, занятой газовой фазой. Уравнения Навье-Стокса в газодинамической подобласти и уравнения Больцмана в слое Кнудсена. В. Уравнения сохранения массы, импульса и энергии для конденсата.

Линейная теория. Моментный метод решения одномерных задач. Прямое численное решение кинетического уравнения Больцмана (для разных чисел Кнудсена, многомерные задачи). Прямое статистическое моделирование. Модельные уравнения.

Параметричность испарения, дозвуковой и сверхзвуковой конденсации. Предельные потоки испарения-конденсации. Инженерные соотношения для расчета испарения и конденсации в дозвуковом режиме. Диаграмма предельных потоков в сверхзвуковой области. Конденсация в присутствии неконденсируемых газов. Кривые $q=f(\Delta T)$ для конденсации-испарения во всем диапазоне изменения интенсивностей. Рекомендации по уменьшению ΔT . Определение итогового перепада температур от газа через межфазную поверхность, пленку конденсата, стенку теплообменника (конденсатора) охлаждающему теплоносителю. Влияние неполной конденсации на границе раздела фаз на характеристики процесса. Модели описания: коэффициенты испарения-конденсации, система кинетических уравнений для молекул газа и фононов конденсата; расчет взаимодействий молекул газа и конденсата методами молекулярной динамики; предельные скорости и предельные потоки массы.

Кривая кипения сверхтекучего гелия. Пиковая и "восстановительная" тепловая нагрузка. Расчет "восстановительной" тепловой нагрузки по линейной теории и в общем случае. Перенос тепла через паровую пленку для нелинейных задач в одномерной и двумерной постановке. Перенос массы и энергии в ограниченной паровой области при наличии градиента температур на межфазной поверхности. Расчет эволюции паровой пленки при больших тепловых нагрузках для плоского, цилиндрического и сферического нагревателей. Особенности теплообмена в Hell при пониженной гравитации. Задачи теплопереноса в капиллярно-пористом теле, заполненном Hell. Расчет процессов переноса в единичном капилляре при наличии продольного теплового потока.

Роль направленности потоков при криоконденсации (десублимации). Расчет теплопереноса в области неприменимости законов градиентного типа. Примеры расчета течений, характеризуемых малыми числами Кнудсена, с учетом сильной неравновесности на межфазной границе.

Роль процессов переноса на межфазной поверхности при определении общего термического сопротивления в системе: пар – пленка конденсата – стенка конденсатора – охлаждающий теплоноситель. Влияние неконденсируемых газов. Сопоставление результатов расчета с экспериментальными данными.

Зависимость формы межфазной поверхности от способа подвода теплоты к границе раздела фаз пар-жидкость. Соответствующая классификация задач тепломассопереноса. Плавание горячих капель в холодных жидкостях. Пленочное кипение недогретой воды на нагревателях различной формы. Эволюция паровых пленок. Необходимость применения при описании неравновесных граничных условий.

Аннотация дисциплины

Математическая обработка результатов экспериментов - Б1.В.04

Цель дисциплины: изучение основ современной теории инженерно-физического эксперимента, ориентированное на практическое ее использование, как в исследовательских лабораториях, так и при подготовке магистерских диссертаций. Основной целью ставится практическое овладение математическими методами обработки экспериментальных данных.

Место дисциплины в структуре ОПОП: дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока 1 по направлению подготовки магистратуры 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика, профиль «Физика и техника низких температур. Количество зачетных единиц - 4.

Содержание разделов

1. Типы измерений и измерительных ошибок в лабораторных исследованиях. Измерение. Классификация измерений (прямые, косвенные, совместные). Классификация погрешностей измерения (абсолютная и относительная погрешности; систематические погрешности, вызываемые погрешностью метода; инструментальные погрешности; погрешности, вызванные воздействием окружающей среды и условий измерения, случайные погрешности, грубые погрешности (промахи)). Выявление грубых погрешностей. Систематическая погрешность. Класс точности прибора. Расчет границы полосы погрешностей. Сложение случайной и систематической погрешностей. Полная погрешность измерения. Запись и округление результата измерения. Обработка данных прямых измерений по выборке. Метод переноса погрешностей. Выборочный метод. Обработка данных косвенных измерений методом переноса погрешностей. Обработка данных косвенных измерений выборочным методом.
2. Учет случайного характера ошибок измерений. Эмпирическое распределение. Понятие о случайном событии и случайной величине. Мера случайности - вероятность. Статистические понятия: генеральная совокупность и выборка. Характеристики выборки. Выборочное среднее. Начальные и центральные моменты. Смещенные и несмещенные оценки. Выборочная дисперсия и среднеквадратичное отклонение. Эмпирическое распределение результатов наблюдений. Гистограмма. Оценка достоверности результата. Доверительный интервал. Роль нормального распределение (Гаусса) в обработке результатов эксперимента.
3. Элементы дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализа. Метод наименьших квадратов. Методы исследования связей между случайными величинами. Классический дисперсионный анализ нормально распределенных случайных величин. Классический корреляционный анализ. Регрессионный анализ. Линейная и нелинейная статистические зависимости двух величин. Оценка коэффициентов регрессии. Метод наименьших квадратов. Нахождение параметров уравнения регрессии
4. Использование Excel для статистического анализа данных эксперимента. Графическое представление результатов измерений.

Аннотация дисциплины

Алгоритмы моделирования низкотемпературных процессов - Б1.В.05

Цель дисциплины: изучение основных методов проведения численного эксперимента с целью определения характеристик процессов, сопровождающихся течениями в различных средах и различными осложняющими факторами: фазовыми переходами, химическими реакциями и т.д.

Место дисциплины в структуре ОПОП: дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока 1 по направлению подготовки магистратуры 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика, профиль «Физика и техника низких температур. Количество зачетных единиц - 4.

Содержание разделов

1. Введение

Общие понятия об управлении численным экспериментом. Понятие базовой программы, последовательности выполнения и управляющем алгоритме. Типы управляющих алгоритмов: задачи поиска нуля целевой функции; задачи одномерной и многомерной оптимизации; задачи, связанные с выявлением связи с результатами физического эксперимента и выявление параметров математических моделей. Понятие о многоуровневом моделировании (моделировании на разных масштабах).

2. Инструменты для разработки алгоритмов

Основы Phoenix Input Language (PIL): введение параметров в виде типизованных переменных; возможности программирования и разработки управляющей последовательности. Основы InForm: задание формул для вычисления в файле исходных данных; расчет переменных свойств; расчет переменных источников тепла; использование формул при постановке граничных условий; использование возможности нестандартной обработки информации и вывода данных в отдельный файл. Возможности программы PQ1Editor для работы с файлами исходных данных.

3. Технология PHOENICS-Direct

Понятие управляющей программы. Понятие параметризованного файла исходных данных для проведения численного моделирования. Возможности проведения мульти-вариантных расчетов. Анализ результатов, полученных при проведении мульти-вариантных расчетов. Возможности управления мульти-вариантными расчетами, которые появляются при обеспечении взаимодействия между расчетными подсистемами.

4. Алгоритмы управления численным экспериментом

Понятие об алгоритме управления численным экспериментом. Алгоритмы управления в задачах оптимизации. Алгоритмы управления для получения результатов численных экспериментов с заданной точностью. Алгоритмы управления для геометрически сложных задач при много-уровневом моделировании.

Аннотация дисциплины

Установки разделения низкотемпературных смесей - Б1.В.06

Цель дисциплины: изучение криогенных установок и систем разделения газовых смесей для последующего использования при эксплуатации, разработке и проведении научно-исследовательских работ в области физики и техники низких температур.

Место дисциплины в структуре ОПОП: дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока 1 по направлению подготовки магистратуры 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика, профиль «Физика и техника низких температур. Количество зачетных единиц -5.

Содержание разделов

1. Физические принципы разделения газовых смесей.

Термодинамические и теплофизические свойства инертных газов, азота, кислорода. Основные фазовые диаграммы. Фазовое равновесие жидкость-пар, жидкость- твердое тело, газ- твердое тело.

Основные принципы разделения газовых смесей. Области применения и эффективность разделения смесей. Минимальная работа разделения.

2. Процесс ректификации.

Принцип конденсационно-испарительного метода. Тепловой и энергетический баланс. Непрерывное испарение и непрерывная конденсация. Прямоток и противоток паровой и жидкой фаз. Ректификация. Конденсатор и испаритель ректификационной колонны . Определение полюса ректификационной колонны и рабочей линии (конноды). Ректификационная тарелка. Эффективность ректификационной тарелки.

3. Колонны однократной и двукратной ректификации.

Азотная и кислородная ректификационная колонна. Особенности работы таких колонн.

Системы очистки и осушки. Регенераторы воздухоразделительных установок. Адсорбционная осушка и очистка. Схемы получения чистого газообразного и жидкого азота и кислорода. Ректификация трехкомпонентной смеси: азот, кислород и аргон. Получение чистого аргона.

4. Получение неона, гелия и водорода.

Получение чистого газообразного гелия. Получение чистого газообразного водорода. Особенности получения неона, криптона и ксенона. Установки для разделения природного газа.

5. Разделение газов методом короткоциклового адсорбции.

Физические принципы короткоциклового адсорбции. Типы адсорбентов и их характеристики. Принципиальные схемы разделения. Характеристики современных установок короткоциклового адсорбции и области их применения. Физические принципы мембранного разделения. Типы мембран и их конструкция. Принципиальные схемы разделения. Характеристики современных установок мембранного разделения. Области применения таких установок.

Аннотация дисциплины

Нагнетательные и расширительные машины- Б1.В.07

Цель дисциплины: изучение теории, конструкций, функционирования и эксплуатации машин низкотемпературной техники: компрессоров различных видов, детандеров, криогенных насосов и др.; особое внимание уделяется эффективности и надёжности.

Место дисциплины в структуре ОПОП: дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока 1 по направлению подготовки магистратуры 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика, профиль «Физика и техника низких температур. Количество зачетных единиц - 4.

Содержание разделов

1. Турбодетандеры

Понятие. Устройство. Энергетические уравнения ступени. Направляющий аппарат. Рабочее колесо. КПД. Регулирование холодопроизводительности. Характеристики детандера. Моделирование. Испытания. Парожидкостные турбодетандеры. Подшипники. Системы детандерных агрегатов. Детандер-компрессоры. Детандер-генераторы.

2. Турбокомпрессоры

Ступень турбокомпрессора. Энергетические уравнения ступени компрессора. КПД. Рабочее колесо. Неподвижные элементы. Характеристики компрессорной ступени. Помпаж. Расчёт компрессорной ступени. Компрессорный агрегат. Регулирование. Одноосные многоступенчатые компрессоры. Многовальные компрессоры. Компандеры.

3. Крионасосы

Конструктивные отличия крионасоса от обычного. Кавитация внутренняя и внешняя. Правила проектирования трубопроводов обвязки. Обоснование правил.

4. Поршневые компрессоры

Ступень компрессора. Энергетические уравнения ступени. КПД. Характеристики компрессорной ступени. Многоступенчатое сжатие. Регулирование.

5. Винтовые компрессоры

Описание. Принцип действия. Устройство. Маслозаполненные и безмасляные. Характеристики. Области применения.

6. Спиральные компрессоры

Описание. Принцип действия. Устройство. Характеристики. Области применения.

7. Эффективность компрессорного агрегата

Отличие эффективности компрессорного агрегата от КПД ступени. Сравнение турбо и поршневого компрессоров по фактическим затратам энергии [кВт·час/кг]. Влияние на эффективность внешних условий (параметров).

8. Технические требования на компрессоры

Грамотное составление Технических Требований. Цепочка документов при покупке компрессора: "Технические Требования – Технико-Коммерческое предложение – Техническое Задание – Договор". Требования экологии: шум, выброс масла, потребление воды.

Аннотация дисциплины

САПР низкотемпературных установок- Б1.В.ДВ.01.01

Цель дисциплины: изучение использования информационных технологий при проектировании новых низкотемпературных систем и установок.

Место дисциплины в структуре ОПОП: дисциплина по выбору относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока 1 по направлению подготовки магистратуры 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика, профиль «Физика и техника низких температур. Количество зачетных единиц - 5.

Содержание разделов

Классификация основных изделий криогенной техники. Основные понятия и принципы процесса проектирования. Их связь с разработкой программного обеспечения САПР. Уровни проектирования. Обобщенная схема проектирования на К-уровне. Информационное обеспечение для реализации этого алгоритма. Обобщенная схема информационного и программного обеспечения САПР. Основные характеристики элементов схемы.

Подготовка проектной технической документации САПР с использованием средств вычислительной техники. Возможности текстовых редакторов. Характеристики и практическая работа с текстовым редактором в САПР. Тенденции развития текстовых редакторов.

Основные принципы организации вычислительных операций при работе с электронными таблицами в САПР. Возможности их использования. Решение с их помощью различных вычислительных и оптимизационных задач в САПР

Использование баз данных при проектировании изделий низкотемпературной техники. Основные понятия структурной организации баз данных. Требования предъявляемые к СУБД «гибких» баз данных. Изучение характеристик и практическая работа с базой данных.

Основные понятия инженерной графики и их связь с машинной графикой. Возможности машинной графики. Характеристики и практическая работа со средствами машинной графики. Возможности 3d проектирования.

Алгоритм проектирования конкретного изделия. Создание управляющей программы процесса проектирования. Алгоритмические языки позволяющие осуществить реализацию управляющей программы. Связь различных средств вычислительной техники САПР и управляющей программы между собой. Практическая работа по созданию элементов САПР.

Технологический комплекс САПР. Автоматизация производства. Использование станков с числовым программным управлением и достижений робототехники. Подключение комплекса в общую структуру САПР.

Основные элементы низкотемпературного оборудования. Возможности создания САПР этих элементов. Примеры создания САПР отдельных элементов и низкотемпературных систем.

Аннотация дисциплины

Методы исследования двухфазных потоков - Б1.В.ДВ.01.02

Цель дисциплины: теоретическое изучение стационарных и нестационарных процессов теплопередачи в двухфазных потоках при течении рабочих тел низкотемпературных установок

Место дисциплины в структуре ОПОП: дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока 1 по направлению подготовки магистратуры 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика, профиль «Физика и техника низких температур. Количество зачетных единиц -5.

Содержание разделов

1. Количественные характеристики двухфазных потоков

Классификация и количественные характеристики двухфазных потоков. Структура двухфазных течений в вертикальных и горизонтальных каналах. Карты режимов течения. Уравнение сохранения энергии парожидкостного потока. Влияние теплообмена на гидравлическое сопротивление. Смена режимов течения в парогенерирующем канале.

2. Теплопередача в двухфазных потоках

Теплообмен при конденсации пара, движущегося внутри труб. Конденсация пара в промышленных аппаратах и методы ее интенсификации. Теплообмен при кипении жидкости в условиях вынужденного движения. Кризис теплообмена при кипении жидкостей в каналах. Колебательная неустойчивость.

3. Экспериментальное исследование гидродинамической неустойчивости кипящего в канале вынужденного потока азота

Экспериментальная установка. Методика проведения опытов. Результаты экспериментального исследования гидродинамической неустойчивости течения в канале кипящего азота. Влияние режимных параметров. Результаты экспериментального исследования теплоотдачи при кипении вынужденного потока азота в канале. Результаты экспериментального исследования кризиса кипения вынужденного потока азота в канале. Расчетное определение границы гидродинамической неустойчивости (термические колебания) течения в канале кипящего азота с использованием полученных опытных данных.

4. Теплообмен при вынужденном течении в канале многокомпонентных рабочих тел, используемых в низкотемпературных установках

Особенности теплопередачи в двухфазном потоке многокомпонентного рабочего тела. Экспериментальный стенд для исследования теплообмена при кипении многокомпонентных рабочих тел. Экспериментальные данные по теплообмену при кипении многокомпонентных рабочих тел. Сравнение экспериментальных и расчетных данных

Аннотация дисциплины

Проектирование низкотемпературных систем - Б1.В.ДВ.02.01

Цель дисциплины: теоретическое изучение схем построения низкотемпературных установок различного назначения, оборудования этих установок, процессов происходящих в элементах установок и вопросов эксплуатации данных установок.

Место дисциплины в структуре ОПОП: дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока 1 по направлению подготовки магистратуры 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика, профиль «Физика и техника низких температур. Количество зачетных единиц - 4.

Содержание разделов

Факторы, определяющие специфические особенности схемно-технологических и конструкторских решений криогенных систем: воздействие низких, циклических температур, узкий диапазон систем жидкость-пар, потери продукта за счет теплопритока из окружающей среды и практически всех технологических операций (захолаживания, хранения, вытеснения, охлаждения и др.).

Особенности схемно-технологических решений при проектировании систем накопления, хранения, охлаждения, термостатирования и выдачи потребителю криогенных продуктов. Вытеснительный и насосный способ выдачи кипящего и охлажденного продукта, преимущества и недостатки каждого из этих способов; термостатирование в резервуарах потребителей по схемам с замкнутым контуром циркуляции с разомкнутым контуром циркуляции, с полузамкнутым контуром; схемы циркуляционных систем криостатируемых объектов с использованием насоса, компрессора или с контуром естественной циркуляции; двухконтурные сателлитные системы. Проектирование системы накопления, хранения, переохлаждения центрального блока РН «Энергия» жидким водородом и его термостатирования.

Проектирование системы хранения, заправки, глубокого охлаждения и термостатирования жидкого кислорода в баке космического корабля «Буран».

Проектирование систем хранения, охлаждения, заправки, термостатирования жидкого кислорода, заправляемого в баки РН.

Разработка конструкции резервуаров и решение вопросов: выбора формы резервуара, системы опор или подвесок, обеспечения тепловой изоляции, способа поддержания вакуума в изоляционных полостях, выбора конструкционных материалов и другие вопросы. Анализируются конструкции подвесок и опор, поскольку они являются важнейшими элементами тепловой защиты. Способы конструктивного выполнения узлов вывода труб для заполнения и опорожнения резервуаров и других трубопроводов. Требования к конструкциям трубопроводов.

Тепловая защита продукта от теплопритока из окружающей среды - комплексы мероприятий: применение эффективной тепловой изоляции поверхности внутреннего сосуда, рациональная конструкция крепления сосуда относительно кожуха и схема обвязки внутреннего сосуда технологическими трубопроводами. Показатель эффективности тепловой защиты криогенных резервуаров - относительная скорость испарения жидкости в единицу времени (испаряемость жидкости). Основные типы тепловой изоляции криогенного оборудования, изоляционные материалы и способы поддержания требуемого вакуума. Принципиальные схемы криосорбционных устройств для поддержания вакуума в изоляционных полостях.

Обеспечение чистоты криогенных продуктов (водорода). Требования к эксплуатации систем транспортирования и хранения жидкого водорода. Порядок проведения технологических операций, подготовка резервуаров и цистерн к наполнению жидким

водородом, наполнение их жидким водородом, транспортирование к потребителю, приемка цистерн и слив жидкого у потребителя, возврат цистерн, периодический отогрев.

Методики расчета содержания примесей в жидком водороде. Аналитический метод определения содержания примесей в жидком водороде.

Методика расчета накопления массы кислорода в резервуарах с жидким водородом.

Требования к эксплуатации систем хранения.

Порядок проведения технологических операций: хранение, периодический отогрев, технологический газосброс.

Требование безопасности: аварийные ситуации и меры их ликвидации.

Основные положения «Теоретических основ криогенной техники». Обратный цикл Карно, идеальный цикл, минимальная работа ожижения, необратимость и затраты работы, основные процессы для получения низких температур, классификация криогенных циклов, виды потерь и эффективность реальных циклов, метод энергетического баланса, целесообразное число ступеней предварительного охлаждения, температурные уровни, термодинамический анализ циклов.

Схемно-технологические решения водородных ожижителей высокого давления с 5-ю ступенями предварительного охлаждения.

Схемно-технологические решения водородных ожижителей среднего давления с тремя детандерными ступенями предварительного ожижения и одной ступенью жидкого атмосферного азота.

Схемно-технологические решения криогенных установок ожижения водорода с внешним гелиевым холодильным циклом.

Схемно-технологические решения установок получения дейтерия методом ректификации жидкого водорода.

Теплофизические свойства и технологические особенности СПГ, пожаровзрывоопасность и экологические проблемы.

Термодинамическая эффективность ожижителей природного газа с различными холодильными циклами с азотным детандерным циклом и ХМ; с азотным детандерным циклом без ХМ; с циклом на СХА с дроссельными ступенями.

Базовые крупнотоннажные заводы и способы ожижения природного газа. Анализ тенденции развития газовой промышленности в мировой практике. Крупнотоннажные ожижители ПГ, построенные по каскадному классическому циклу. Крупнотоннажные ожижители ПГ, построенные по циклу «Прико». Крупнотоннажные ожижители ПГ, построенные по циклу ОКЦ с предварительным пропановым охлаждением. Установки ожижения природного газа на базе АГНКС. Установки ожижения природного газа на базе детандерных азотных циклов.

Аннотация дисциплины

Системы охлаждения электронного оборудования - Б1.В.ДВ.02.02

Цель дисциплины: изучение методов проектирования систем охлаждения электронного оборудования.

Место дисциплины в структуре ОПОП: дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока 1 по направлению подготовки магистратуры 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика, профиль «Физика и техника низких температур. Количество зачетных единиц -4.

Содержание разделов

1. Основные требования к системам охлаждения электронного оборудования
Изучение комплекса требования, которые необходимо выполнить при проектировании систем охлаждения электронного оборудования .

2. Характеристики элементной базы различного электронного
Знакомство с основными характеристиками элементов любой электронной системы ,
Выявление среди них тех характеристик, которые оказывают решающее влияние на выбор схемы системы охлаждения электронного оборудования

3. Возможные схемы построения систем охлаждения электронного оборудования .
Изучение возможных схем системы охлаждения электронного оборудования, принципов заложенных в функциональное обеспечение процесса охлаждения данного оборудования

4.Создание физической и математической модели процесса охлаждения электронного оборудования
Изучение вопросов построения физической моделей системы охлаждения электронного оборудования, взаимосвязи математического описания физической модели и вычислительных методов. Пример построения физической модели для расчета температурного поля на охлаждаемой плате электронного оборудования.

5. Расчет температурных полей на платах систем охлаждения электронного оборудования.
Использование численных методов для решения задачи о распределении температуры по поверхности электронной платы, выделение самых теплонапряженных точек на плате и анализ изменения значений температуры при варьировании параметрами системы охлаждения

6. Анализ полученных результатов и рекомендации по переконструированию схем панелей электронного оборудования
Анализ результатов по расчету температур точек электронной платы и изучение вопроса по перемещению расположения элементов на плате с целью снижения значений в наиболее теплонапряженных точках платы

Аннотация дисциплины

Теплофизические процессы в низкотемпературных системах - Б1.В.ДВ.03.01

Цель дисциплины: теоретическое изучение стационарных и нестационарных процессов, протекающих в криогенном емкостном оборудовании, а также при транспортировании и регазификации криогенных жидкостей, позволяющее проводить расчеты основных технологических операций.

Место дисциплины в структуре ОПОП: дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока 1 по направлению подготовки магистратуры 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика, профиль «Физика и техника низких температур. Количество зачетных единиц - 4.

Содержание разделов

1. Транспортировка криогенных жидкостей

Физико-математические модели нестационарных процессов в криогенных трубопроводах, Течение криогенной жидкости в неадиабатном трубопроводе. Обеспечение однофазности потока. Оптимальная скорость потока. Гидравлическое сопротивление при течение двухфазного потока в канале

2. Нестационарные процессы в криогенных трубопроводах

Захлаживание и заполнение трубопроводов криогенной жидкостью. Модель температурного скачка. Влияние теплоемкости стенки на длительность заполнения канала при постоянном перепаде давлений. Заполнение короткого канала. Гидродинамика процесса заполнения. Первичный и вторичный гидроудары, гидроудар при открытии клапана, меры снижения гидроударов.

3. Хранение, выдача и заправка криогенной жидкости в емкостях

Термодинамика открытых систем. Процессы хранения криогенной жидкости в сосуде с открытым и закрытым дренажем. Верхняя и нижняя заправка криогенных резервуаров, бездренажная заправка. Процесс выдачи жидкости из резервуара.

4. Охлаждение, регазификация, вскипание криогенной жидкости

Процессы охлаждения криогенных жидкостей. Процессы кристаллизации диоксида углерода при хранении и газификации криогенных жидкостей. Процессы при регазификации: Теплоотдача при течении жидкости в канале. Теплоотдача на наружной поверхности каналов с учетом эффекта вымораживания. Теплогидравлическая неустойчивость и переходные процессы при течении жидкости в парогенерирующем канале. Вскипание жидкости при снижении давления.

Аннотация дисциплины

Исследование поверхности в условиях вакуума и низких температур - Б1.В.ДВ.03.02

Цель дисциплины: изучение методов анализа поверхности для последующего использования в ядерной энергетике и теплофизике..

Место дисциплины в структуре ОПОП: дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока 1 по направлению подготовки магистратуры 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика, профиль «Физика и техника низких температур. Количество зачетных единиц -4.

Содержание разделов

1. Основные узлы сверхвысоко-вакуумных аналитических установок

Основные элементы установки для анализа поверхности. Вакуумная система. Вакуумные насосы. Вакуумные измерения. Манометры и вакууметры. Методы течеискания. Энергоанализаторы и электронная оптика. Основное оборудование низкотемпературных установок: компрессора, теплообменники, дроссели. Энергоанализатор с задерживающим полем. Отклоняющие электростатические энергоанализаторы. Анализатор цилиндрическое зеркало. Полусферический анализатор. Источники частиц и излучения. Вторичный электронный умножитель. Фотоэлектронный умножитель. Полупроводниковый детектор. Сцинтилляционный счетчик. Детекторы вторичных и отраженных электронов.

2. Методы анализа: микроскопия и спектроскопия поверхности

Электронная микроскопия. Просвечивающий электронный микроскоп (ПЭМ). Режимы работы ПЭМ. Сканирующий (растровый) электронный микроскоп. Химический анализ. Структурный анализ. Дифракция обратно рассеянных электронов. Зондовая микроскопия. Сканирующий зондовый микроскоп. Электронная спектроскопия. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия. Оже-электронная спектроскопия. Ионная спектроскопия. Спектроскопия обратного рассеяния Резефорда. Масс-спектроскопия вторичных ионов.

3. Физические явления, лежащие в основе методов анализа поверхности

Пределы классического описания. Столкновение двух частиц. Потенциалы взаимодействия. Состояние электрона в атоме. Квантовая статистика. Основы физики конденсированного состояния. Зонная классификация твердых тел. Упругое рассеяние заряженных частиц. Неупругое рассеяние заряженных частиц в твердом теле. Сечения рассеяния. Дифференциальное упругое сечение рассеяния. Индикатриса рассеяния. Дифференциальное неупругое сечение рассеяния. Средняя неупругая длина свободного пробега электронов. Тормозная способность вещества. Характеристические потери энергии электронов в твердом теле. Ионизация. Потери на возбуждение плазменных колебаний. Модельные неупругие индикатрисы рассеяния. Многократное рассеяние заряженных частиц в веществе. Закон Бугера.

4. Послойный химический и фазовый анализ ультратонких и тонких пленок

Энергетические электронные спектры электронов. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС). Рентгеновский фотоэлектронный спектрометр. Рентгеновский источник. Глубина анализа. Фотоэлектронные процессы. Определение элементного состава. Обозначения пиков. Спин-орбитальное взаимодействие. Зарядка мишени. Определение относительной концентрации. Методы вычитания фона. Химический сдвиг. Профиль распределения по глубине. РФЭС с угловым разрешением.

Аннотация дисциплины

Численные методы в механике сплошных сред - Б1.В.ДВ.04.01

Цель дисциплины: изучение основных методов проведения численного эксперимента с целью определения характеристик процессов, сопровождающихся течениями в различных средах и различными осложняющими факторами: фазовыми переходами, химическими реакциями и т.д.

Место дисциплины в структуре ОПОП: дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока 1 по направлению подготовки магистратуры 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика, профиль «Физика и техника низких температур. Количество зачетных единиц -4.

Содержание разделов

1. Общие сведения о численном моделировании

Предмет курса. Основные подходы к численному моделированию задач механики сплошной среды. Метод конечных разностей, метод конечных элементов, метод контрольного объема. Основные сведения об аппроксимации уравнений динамики сплошной среды. Обобщенное уравнение и его конечно-разностная аппроксимация. Структура программного комплекса для проведения моделирования.

2. Сетки

Сетки. Основные понятия. Структурные и неструктурные сетки и методы их построения. Сетки, связанные с геометрией объектов, находящихся в расчетной области. Критерии, определяющие качество расчетной сетки. Дробные контрольные объемы.

3. Метод контрольного объема

Использование метода контрольного объема для построения конечно-разностной аппроксимации обобщенного уравнения. Аппроксимация диффузионного слагаемого, методы аппроксимации конвективного слагаемого. Разностная схема вверх по потоку, гибридная разностная схема. Понятие о невязке. Явные и неявные разностные схемы. Порядок аппроксимации. Свойства разностных схем, разностные схемы высших порядков аппроксимации. Метод аппроксимации источников, линеаризация источников. Аппроксимация граничных условий.

4. Особенности аппроксимации уравнений гидродинамики

Особенности моделирования гидродинамических течений. Сдвинутые и совмещенные сетки при аппроксимации уравнений гидродинамики. Понятие об итерационных процедурах решения конечно-разностных уравнений гидродинамики. Критерии сходимости итераций. Итерационные процессы метода SIMPLE. Модификации метода SIMPLE: методы SIMPLER и SIMPLEST. Метод PISO. Модификации методов при использовании различных вариантов сеток. Использование интерполяции Rhie-Chow для совмещенных сеток. Методы обеспечения сходимости итераций: использование уравнений для поправок, использование различных видов релаксации. Особенности аппроксимации уравнений на неструктурных сетках с произвольной геометрией контрольных объемов.

5. Современные методы решения систем линейных уравнений

Методы решения систем линейных уравнений, возникающих при аппроксимации уравнений динамики сплошной среды. Прямые и итерационные методы решения линейных

систем уравнений. Метод прогонки, обобщение метода прогонки: метод переменных направлений, сильно-неявный метод (метод Стоуна). Глобальные методы решения линейных систем уравнений: метод сопряженных градиентов и его модификации, метод GMRES и другие.

6. Основы моделирования физических процессов

Методы моделирования физических процессов. Особенности моделирования, вызванные учетом зависимостей свойств веществ от температуры при сопряженном теплообмене. Моделирование гидродинамических течений с учетом фазовых переходов. Метод распределенной теплоемкости, метод Пракаша.

7. Моделирование турбулентных потоков

Моделирование турбулентных гидродинамических течений. Алгебраические модели турбулентности. Модель Прандтля. LVEL модель турбулентности Сполдинга. К-ε модель турбулентности. Модификации К-ε модель турбулентности, модели турбулентности при малых числах Рейнольдса. Пристенные функции. Модели RANS, URANS, LES и DES. Многожидкостные модели турбулентности. Прямое численное моделирование турбулентных течений.

8. Моделирование течений, осложненных различными физическими процессами

Моделирование гидродинамических течений со свободной поверхностью. Метод маркеров и ячеек. Методы трекинга поверхности и методы расчета без выделения свободной поверхности с использованием доли жидкой фазы. Методы VOF, SEM и их модификации.

Аннотация дисциплины

Монодисперсные системы и технологии - Б1.В.ДВ.04.02

Цель дисциплины: изучение монодисперсных систем и технологий на основе фундаментальных и прикладных работ в области генерации, распространения, взаимодействия с внешними полями и средами потоков монодисперсных микросфер, а также анализ новых технологий с применением монодисперсных систем. изучение использования информационных технологий при проектировании новых низкотемпературных систем и установок.

Место дисциплины в структуре ОПОП: дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока 1 по направлению подготовки магистратуры 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика, профиль «Физика и техника низких температур. Количество зачетных единиц -4.

Содержание разделов

1. Физические основы монодиспергирования вещества. Получение вещества в монодисперсном состоянии. Различные методы получения монодисперсных микросфер. Вынужденный капиллярный распад струй и потоки монодисперсных микросфер. Состояние вопроса: капиллярная гидродинамика и особенности капиллярного распада жидких струй. Диспергирование жидкостей: различные механизмы распада ограниченных объемов жидкостей

2. Термогидродинамика генерации капель при вынужденном капиллярном распаде струй. Теория капиллярной неустойчивости струй в конвективном приближении (квазиодномерная модель капиллярного распада). Основные уравнения. Основные уравнения с учетом случайного шума. Начальные условия при вынужденном капиллярном распаде. Конвективная капиллярная неустойчивость струи

3. Гидродинамика и тепломассообмен потоков монодисперсных микросфер. Монодисперсные потоки микросфер в разреженном газе и вакууме. Силы сопротивления, действующие на микросферы в разреженном газе. Монодисперсные потоки микросфер в плотном газе. Процессы испарения одиночных микросфер и их потоков

4. Основы создания монодисперсных технологий. Классификация монодисперсных технологий

5. Научное приборостроение. Калибровочные светорассеивающие частицы. Калибровочные частицы для тестирования фильтров. Дозаторы редких веществ. Криогенные ускорительные микросферические мишени

6. Новые материалы. Моногранулы из металлов и сплавов . Композиты на основе монодисперсных гранул. Проводящие клеи и пасты. Полые моногранулы из различных материалов. Металлополимерные монодисперсные гранулы .

Криомонодисперсная технология: металлические и керамические микросферы с уникальными свойствами

Аннотация дисциплины

Основы нанотехнологий - Б1.В.ДВ.05.01

Цель дисциплины состоит в изучении технологий в научных исследованиях и технических системах при переходе к наномасштабам и новейшими исследованиями в области нанотехнологий

Место дисциплины в структуре ОПОП: дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока 1 по направлению подготовки магистратуры 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика, профиль «Физика и техника низких температур. Количество зачетных единиц 3.

Содержание разделов

1. Основные понятия нанотехнологии

Понятие нанотехнологии. Краткая история нанотехнологии. Понимание нанотехнологии по Э.Дрекслеру. Примеры применения нанотехнологии. Физические основы нанотехнологии. Зондовая микроскопия. Сканирующий зондовый микроскоп. Атомно-силовой микроскоп. Электронная микроскопия. Основные области применения наноматериалов и нанотехнологий

2. Кремниевая микроэлектроника. Планарная технология

Исторический контекст развития кремниевой микроэлектроники. Биполярный транзистор. Кремниевые интегральные схемы. Этапы изготовления микроэлектронных устройств по планарной технологии. Виды литографии. Фотолитография. Фоторезист. Экспонирование. Травление. Фотомаска. Изготовление монокристалла по методу Чохральского. Очистка подложек. Чистые комнаты.

3. Углеродные наноматериалы

Аллотропия углерода. Основные характеристики углеродных материалов. Алмаз. Графит. Графен. Нанотрубки. Фуллерены. Фуллериды. Наноккомпозиты. Области применения. Граничное термосопротивление. Термосопротивление в наноструктурах.

4. Методы получения наноструктур

Знакомство с методами нанотехнологического синтеза. Основные требования, предъявляемые к методам получения наночастиц и наноматериалов. Различные способы классификации методов получения наноматериалов. Разделение методов по типу фазового перехода. Разделение методов по принципу синтеза: «сверху-вниз» и «снизу-вверх». Разделение методов по дальнейшему применению получаемого продукта. Разделение методов по типу основного процесса синтеза. Основные отличия методов механического, физического и химического диспергирования

Аннотация дисциплины

Криовакуумное обеспечение сверхпроводящих систем - Б1.В.ДВ.05.02

Цель дисциплины: изучение использования информационных технологий при проектировании новых низкотемпературных систем и установок.

Место дисциплины в структуре ОПОП: дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока 1 по направлению подготовки магистратуры 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика, профиль «Физика и техника низких температур. Количество зачетных единиц - 3.

Содержание разделов

ВАКУУМНЫЕ СИСТЕМЫ ТЕРМОЯДЕРНЫХ УСТАНОВОК (ТЯУ) И РЕАКТОРОВ (ТЯР)

Особенности вакуумных систем ТЯУ. *Основные параметры вакуумных систем* Выбор средств вакуумной откачки Структура и состав вакуумных систем ТЯУ. Структура вакуумных систем. Компоновка и технологическая подготовка разрядной камеры Вакуумные системы инжектора, криостата, комплекса высокочастотного нагрева. Комплекс вакуумной откачки разрядкой камеры

Система криовакуумной откачки термоядерного реактора. Общая характеристика вакуумной системы. Описание системы вакуумной откачки разрядкой камеры. Режимы работы криогенного насоса. Сепарация аргона

Конструкция крионасоса

Компоновка вакуумной системы

КРИОГЕННЫЕ СИСТЕМЫ ТЕРМОЯДЕРНЫХ УСТАНОВОК И РЕАКТОРОВ

Типовая система криогенного обеспечения (СКО) инжекторов быстрых нейтральных атомов. Основные параметры СКО инжектора. Описание структуры СКО инжектора. Режимы работы СКО инжектора. Система криогенного обеспечения экспериментальных термоядерных установок.

СКО больших токамаков. Описание структуры и режимов работы системы.

Режимы работы системы криогенного обеспечения Т-15. О выборе теплоносителя для охлаждения СОТП

Система криогенного обеспечения международного термоядерного экспериментального реактора. Общее описание системы. Описание конструкций отдельных систем. Процедура охлаждения ИТЭР от 300 до 4,5 К. Перекачка гелия в холодный резервный танк в период разряда. Охлаждение катушек тороидального поля после быстрого разряда