

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет»
Физико-технический институт



УТВЕРЖДАЮ
Директор ФТИ


О.Ю. Долматов

«23» 06 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«ЦЕНТРОБЕЖНЫЙ МЕТОД РАЗДЕЛЕНИЯ ИЗОТОПОВ»
НА УЧЕБНЫЙ ГОД

Направление ООП 14.03.02 «Ядерная физика и технологии»

Профиль подготовки (специализация) Физика кинетических явлений

Квалификация (степень) академический бакалавр

Базовый учебный план приема 2015 г.

Курс IV семестр 7

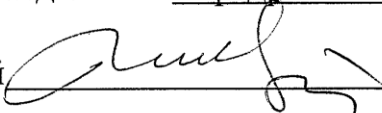
Количество кредитов 6

Код дисциплины Б1.ВМ5.4.5

Виды учебной деятельности	Временной ресурс
Лекции, ч	32
Практические занятия, ч	—
Лабораторные занятия, ч	64
Аудиторные занятия, ч	96
Самостоятельная работа, ч	120
ИТОГО, ч	216

Вид промежуточной аттестации зачёт

Обеспечивающее подразделение кафедра «Техническая физика»

Заведующий кафедрой  И.В. Шаманин

Руководитель ООП  Д.С. Исаченко

Ст.преподаватель  С.Н. Тимченко

2015 г.

1. Цели освоения дисциплины

Формирование у студентов знаний: о понятии изотоп и изотопии атомов, о поведении молекул в поле тяжести и в поле центробежных сил, о диффузионном перемещении молекул газов при наличии градиента давлений и концентраций, о конструкционных особенностях центрифуг, о процессах разделения изотопных смесей в роторе газовой бескамерной центрифуги, о рабочих параметрах центрифуг и их оптимизации, о связи рабочих параметров газовых центрифуг с параметрами разделительного каскада, о затратах энергии на процесс разделения изотопов центробежным методом, о преимуществах и недостатках центробежного метода разделения изотопов урана, о других аналогичных методах разделения: метод сопел, метод плазменных центрифуг, а также приобретения навыков использования компьютерно-информационных технологии для проведения математического моделирования разделительных процессов и поиска новой информации, необходимой для самообучения и решения конкретных инженерных задач.

2. Место модуля (дисциплины) в структуре ООП

Дисциплина "Центробежный метод разделения изотопов" относится к циклу основной образовательной программы (ООП) по направлению 14.03.02 "Ядерная физика и технологии".

Дисциплине «Центробежный метод разделения изотопов» предшествует освоение дисциплин (ПРЕРЕКВИЗИТЫ): Б1.В2, Б1.В4, Б1.В5, Б1.В8.

Содержание разделов дисциплины «Центробежный метод разделения изотопов» согласовано с содержанием дисциплин, изучаемых параллельно (КОРЕКВИЗИТЫ): Б1.В.3.1, Б1.В.3.2, Б1.В.3.3, Б1.В.3.4, Б1.В.3.7, Б1.В.3.8.

Дисциплина дает полное представление о физических явлениях, определяющих процесс разделения изотопов в газовой центрифуге. В курсе рассматривается классическая теория Коэна разделения бинарных смесей изотопов урана в центробежном аппарате, механика ротора центрифуги, аналитические и численные методы описания движения газа в роторе, определение основных газодинамических и разделительных характеристик центрифуги при больших скоростях вращения, многокомпонентное разделение, введение в теорию каскадов.

Для успешного освоения дисциплины студенты должны иметь знания в области математики, информатики, химии, физики, основ ядерных технологий, основ технологии ядерного топливного цикла, термодинамики и теплопередачи, гидродинамики, уравнений математической физики, физической кинетики.

Параллельно с данной дисциплиной могут изучаться следующие дисциплины вариативной части бакалаврской подготовки: ионообменные технологии; кинетика физико-химических явлений и процессов, методы их изучения; процессы изотопного обмена; электрохимические технологии разделения изотопов.

3. Результаты освоения дисциплины (модуля)

В результате освоения дисциплины бакалавр должен/будет **знать**:

- Основы понятия и определения теории разделения бинарных смесей изотопов;
- Элементы конструкции газовой центрифуги;
- Физику разделения изотопов в газовой центрифуге;
- Аналитические методы описания движения газа в роторе газовой центрифуги;
- Подходы к математическому моделированию разделительных процессов
- Основные связи рабочих параметров газовых центрифуг с параметрами разделительного каскада;
- Преимуществами и недостатками центробежного метода разделения изотопов урана.

уметь:

- формулировать основные понятия в теории центробежного метода разделения изотопов;
- объяснять физические закономерности, происходящие при разделении изотопов урана в роторе газовой центрифуги;
- объяснять конструкционные особенности центрифуг;
- формулировать преимущества и недостатки центробежного метода разделения;
- формулировать перспективы развития центробежного метода разделения; подбирать способы решения поставленной задачи по заданным условиям работы разделительной установки;
- определять последовательность и проводить расчет основных параметров установки для разделения изотопов урана;
- определять физико-химические характеристики разделительного процесса и критически их оценивать; использовать прикладные программы для моделирования и расчета разделительных установок с использованием ЭВМ.

владеть:

- методиками проведения теоретических расчетов и моделирования процессов изотопного разделения с использованием компьютерной техники.

1. Универсальные (общекультурные) -

способностью совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, добиваться нравственного и физического совершенствования своей личности;

способностью свободно пользоваться русским и иностранным языками, как средством делового общения; способностью к активной социальной мобильности;

способностью использовать на практике навыки и умения в организации научно-исследовательских и научно-производственных работ, в управлении коллективом, влиять на формирование целей команды, воздействовать на ее социально-психологический климат в нужном для достижения целей направлении, оценивать качество результатов деятельности;

готовностью к принятию ответственности за свои решения в рамках профессиональной компетенции, способностью принимать нестандартные решения, разрешать проблемные ситуации.

2. Профессиональные -

способностью к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности, к изменению социокультурных и социальных условий деятельности;

способностью самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности, расширять и углублять своё научное мировоззрение;

способностью к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов, в соответствии с целями магистерской подготовки;

для научно-исследовательской деятельности:

способностью к созданию теоретических и математических моделей, описывающих конденсированное состояние вещества, распространение и взаимодействие излучения с веществом, физику кинетических явлений или процессы в реакторах, ускорителях или воздействие ионизирующего излучения на материалы, человека и объекты окружающей среды;

готовностью к созданию новых методов расчета современных физических установок и устройств, разработке методов регистрации ионизирующих излучений, методов оценки количественных характеристик ядерных материалов;

способностью использовать фундаментальные законы в области физики атомного ядра и частиц, ядерных реакторов, конденсированного состояния вещества, экологии в объеме, достаточном для самостоятельного комбинирования и синтеза реальных идей, творческого самовыражения;

способностью применять экспериментальные, теоретические и компьютерные методы исследований в профессиональной области;

способностью оценить перспективы развития ядерной отрасли, использовать ее современные достижения и передовые технологии в научно-исследовательских работах;

способностью самостоятельно выполнять экспериментальные или теоретические исследования для решения научных и производственных задач с использованием современной техники и методов расчета и исследования;

способностью оценивать риск и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения;

для проектной деятельности:

способностью провести расчет, концептуальную и проектную проработку современных физических установок и приборов;

готовностью применять методы оптимизации, анализа вариантов, поиска решения многокритериальных задач, учета неопределенностей при проектировании;

способностью формулировать технические задания, использовать информационные технологии и пакеты прикладных программ при проектировании и расчете физических установок, использовать знания методов анализа эколого-экономической эффективности при проектировании и реализации проектов;

для экспертной деятельности:

способностью к анализу технических и расчетно-теоретических разработок, к учету их соответствия требованиям законов в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности и другим нормативным актам;

способностью объективно оценить предлагаемое решение или проект по отношению к современному мировому уровню, подготовить экспертное заключение;

для производственно-технологической деятельности:

способностью понимать современные профессиональные проблемы, современные ядерные технологии, научно-техническую политику ядерной сферы деятельности;

готовностью решать инженерно-физические и экономические задачи с помощью пакетов прикладных программ;

способностью эксплуатировать, проводить испытания и ремонт современных физических установок;

для организационно-управленческой деятельности:

способностью на практике применять знание основных понятий в области интеллектуальной собственности, прав авторов, предприятия-работодателя, патента обладателя, основных положений патентного законодательства и авторского права Российской Федерации;

способностью проводить поиск по источникам патентной информации, определять патентную чистоту разрабатываемых объектов, подготавливать первичные материалы к патентованию изобретений, официальной регистрации компьютерных программ и баз данных;

способностью управлять персоналом с учетом мотивов поведения и способов развития делового поведения персонала, применять методы оценки качества и результативности труда персонала;

способностью к проектированию и экономическому обоснованию инновационного бизнеса, содержания, структуры и порядка разработки бизнес-плана;

способностью разрабатывать планы и программы организации инновационной деятельности на предприятии; осуществлять технико-экономическое обоснование инновационных проектов, управлять программами освоения новой продукции и технологии;

готовностью разрабатывать эффективную стратегию и формировать активную политику риск-менеджмента на предприятии;

способностью анализировать технологический процесс как объект управления;

готовностью к кооперации с коллегами и работе в коллективе, к организации работы коллективов исполнителей.

4. Структура и содержание дисциплины

Дисциплина содержит следующие разделы:

Часть 1 Основные понятия и определения теории разделения бинарных смесей изотопов

1.1. Основные понятия и классификация изотопов, классификация изотопных эффектов

1.2. Технологий разделения изотопов урана преимущества центробежного метода

1.3. Основные параметры процесса разделения (коэффициенты обогащения, разделения, разделительная способность, работа разделения) Разделительный потенциал.

1.4. Разделительный каскад, разделительная ступень.

Часть 2. Механика ротора центрифуги

3.1. Конструкция газовой центрифуги. Модельные газовые центрифуги.

3.2. Напряжение материала в роторе газовой центрифуги

3.3. Динамика вращения ротора

3.4. Однородный и неоднородный ротор. Упрочнение ротора.

3.4. Крышки и диафрагмы.

3.5. Опорные узлы, молекулярный насос, электропривод.

Часть 3. Физика разделения изотопов в газовой центрифуге

3.1. Равновесный эффект разделения в поле центробежных сил.

3.2. Умножение радиального эффекта в осевом направлении.

3.3. Способы возбуждения циркуляции

3.4. Максимальная разделительная способность газовой центрифуги

3.5. Уравнение конвективной диффузии

3.6 Основные закономерности процесса разделения

3.7. КПД газовой центрифуги

Часть 4 Методы описания движения газа в роторе.

- 4.1. Уравнения движения газа в цилиндрической системе координат
- 4.2. Квазитвердое вращение газа
- 4.3. Особенности конвекции газа в роторе газовой центрифуги. Пограничные слои.
- 4.4. Тепловая конвекция газа в роторе
 - 4.4.1. Движения газа а невязком ядре
 - 4.4.2. Торцевые пограничные слои
 - 4.4.3. Боковой пограничный слой
- 4.5. Численное моделирование течения газа в роторе газовой центрифуги
- 4.6. Разделение многокомпонентных изотопных смесей
- 4.7. Введение в теорию разделительных каскадов

Структура дисциплины по разделам и видам учебной деятельности приведена в табл. 1.:

Таблица 1.

**Структура дисциплины
по разделам и формам организации обучения**

Название раздела/темы	Аудиторная работа (час)			СРС (час)	Колл, Контр.Р.	Итого
	Лекции	Практ./сем. Занятия	Лаб. зан.			
1. Основные понятия и определения теории разделения бинарных смесей изотопов	2		12	27	1	42
2. Механика ротора центрифуги	4	-	12	30	1	47
3. Физика разделения изотопов в газовой центрифуге	10	-	20	30	1	61
4. Методы описания движения газа в роторе	16	-	20	30		66
Итого	32	-	64	117	3	216

Лабораторные работы:

1. Изучение закономерности распределения газов во вращающемся роторе центрифуги.
2. Основные параметры процесса разделения
3. Изучение устойчивости вращения ротора газовой центрифуги
4. Определение характеристик материала ротора газовой центрифуги с помощью разрывных машин типа Р-5
5. Изучения влияния параметров течения газа в роторе газовой центрифуги на процесс разделения

6. Изучение взаимосвязи рабочих параметров газовой центрифуги с параметрами разделительного каскада

5. Образовательные технологии

При изучении дисциплины «Центробежный метод разделения изотопов» используются следующие образовательные технологии:

Таблица 3

Методы и формы организации обучения

Методы	ФОО	Лекц.	Лаб. раб.	Пр. зан./ Сем.,	Тр*., Мк**	СРС	К. пр.
IT-методы							
Работа в команде			+				
Case-study							
Игра							
Методы проблемного обучения.				+		+	
Обучение на основе опыта		+		+			
Опережающая самостоятельная работа						+	+
Проектный метод		+					+
Поисковый метод						+	
Исследовательский метод				+			+
Другие методы		**	***	*			*

* - Тренинг, ** - мастер-класс, *** – командный проект

6. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

6.1. Виды и формы самостоятельной работы

Самостоятельная работа студентов включает текущую и творческую проблемно-ориентированную самостоятельную работу (ТСР).

Текущая СРС направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений и включает:

- работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- опережающая самостоятельная работа;
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- подготовка к лабораторным работам, к практическим занятиям;

- подготовка к контрольной работе, диф. зачету, экзамену.

Творческая самостоятельная работа включает:

- - поиск, анализ, структурирование и презентация информации,
- - исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах;
- - анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;
- - анализ статистических и фактических материалов по заданной теме, проведение расчетов, составление схем и моделей на основе статистических материалов.

Перечень научных проблем и направлений научных исследований:

- 1) моделирование и расчет параметров газовой центрифуги;
- 2) моделирование и расчет параметров разделительных каскадов;
- 3) изыскания в области перспективных систем разделения изотопов урана;
- 4) моделирование гидравлических и разделительных процессов;
- 5) области применения стабильных и радиоактивных изотопов

6.2. Содержание самостоятельной работы по дисциплине

Темы индивидуальных заданий:

1. Изотопы в ядерной энергетике
2. Применение изотопов в медицине
3. Изотопы в термоядерной энергетике
4. Основные методы анализа изотопов
5. Методы получения радиоактивных изотопов
6. Изотопы в фундаментальной физики
7. Применение изотопов в химии и биологии.
8. Оптические методы получения изотопов
9. Электромагнитный и плазменный метод получения изотопов.
10. Физико-химические методы получения изотопов
11. Разделительное сопло

6.3. Контроль самостоятельной работы

Оценка результатов самостоятельной работы организуется следующим образом:

- самоконтроль
- контроль со стороны преподавателя

7. Средства текущей и промежуточной оценки качества освоения дисциплины

Оценка качества освоения дисциплины производится по результатам

следующих контролируемых мероприятий:

Контролирующие мероприятия	Результаты обучения по дисциплине
Выполнение и защита лабораторных работ и практических заданий, защита индивидуальных заданий	Отчеты по лабораторным работам, индивидуальным и практическим заданиям, рефераты, рейтинговые баллы
Презентации по тематике исследований во время проведения конференц-недели, участие студентов в научной дискуссии.	Выступление с докладами и презентациями, рейтинговые баллы
Проведение контрольных работ, устных опросов.	Рейтинговые баллы

Итоговый контроль осуществляется принятием курсового проекта с выставлением диф. зачета и экзамена (рейтинговые баллы и оценка).

Для оценки качества освоения дисциплины при проведении контролируемых мероприятий предусмотрены следующие средства (фонд оценочных средств) (с примерами):

Перечень вопросов текущего и итогового контроля следующий:

Часть 1

Основные вопросы:

1. Изотопы основные понятия и классификация.
2. Классификация изотопных эффектов. Развитие технологии разделения изотопов урана
3. Свойства изотопов и область их применения
4. Газовая диффузия
5. Термодиффузия
6. Электромагнитное разделение
7. Разделительное сопло
8. Лазерный метод разделения изотопов
9. Центробежный метода разделения. Отличия и преимущества центрифужного метода
10. Мольно-долевая и массовая концентрация и связь между ними
11. Основные характеристики разделительного элемента
12. Потенциал разделения
13. Функция ценности
14. Единица работы разделения

Часть 2

Основные вопросы:

1. Конструкция стандартной центрифуги
2. Модельные газовые центрифуги
3. Центрифуга Бимса.
4. Механические свойства различных материалов
5. Предельные окружение скорости вращения ротора
6. Подкритические и надкритические центрифуги
7. Однородный ротор
8. Неоднородный надкритический ротор
9. Упрочнение ротора
10. Крышки, диафрагмы
11. Молекулярное уплотнение.

Часть 3

Основные вопросы:

1. Изменение состава газовых смесей под действием поля сил тяжести.
2. Скорость разделения изотермических газовых смесей в поле сил тяжести при низких давлениях.
3. Разделение газовых смесей в поле сил тяжести с учетом перемешивания
4. Равновесный эффект разделения в поле центробежных сил
5. Диффузия в поле центробежных сил
6. Умножения радиального эффекта разделения в осевом направлении
7. Механическая циркуляция
8. Тепловая циркуляция
9. Максимальная разделительная способность центрифуги
10. Количество газа и его распределение по объему ротора газовой центрифуги
11. Свойства сверхзвукового вращающегося потока
12. Устойчивость течения в центрифуги
13. Уравнение конвективной диффузии
14. Метод усреднения по радиусу
15. Разделение в безотборном режиме
16. Режим работы с отбором
17. Влияние потока питания
18. КПД газовой центрифуги
19. Двухблочный профиль циркуляции
20. Влияния циркуляционного потока на разделение в газовой центрифуги

Часть 4

Основные вопросы:

1. Уравнение движение газа в цилиндрической системе координат
2. Квазитвердое вращение газа

3. Особенности течения конвекции газа внутри ротора
4. Физический смысл числа Экмана
5. Симметричные и антисимметричные течения и соответствующие им граничные условия
6. Метод согласования асимптотических разложений
7. Медленные и крупномасштабные течения
8. Структура конвекции. Пограничные слои
9. Функции осевого тока
10. Движение газа в ядре течения
11. Торцевые пограничные слои
12. Соотношение теплового ветра, скорость накачки(всасывания).
13. Боковой пограничный слой
14. Движение газа в бесконечно длинной газовой центрифуге
15. Рапсак-приближение
16. Влияние параметров течения газа на разделение изотопов
17. Численные методы расчета характеристик течения газа. Какие физические модели используются при описании движения газа в различных областях течения
18. Граничные условия сплошной среды
19. Моделирование газоотборника
20. Связь рабочих параметров центрифуги с рабочими параметрами каскада.
21. Особенности работы центрифуг в ступени
15. Эффективность разделения ступени
16. Параметры и уравнения каскада
17. Критерии эффективности каскадов
18. Расчёт каскада заданной формы
19. Разделительная способность каскада
20. Идеальный каскад с симметричными ступенями
21. Идеальный каскад с несимметричными ступенями

8. Рейтинг качества освоения дисциплины (модуля)

Оценка качества освоения дисциплины в ходе текущей и промежуточной аттестации обучающихся осуществляется в соответствии с «Руководящими материалами по текущему контролю успеваемости, промежуточной и итоговой аттестации студентов Томского политехнического университета», утвержденными приказом ректора № 77/од от 29.11.2011 г.

В соответствии с «Календарным планом изучения дисциплины»:

- текущая аттестация (оценка качества усвоения теоретического материала (ответы на вопросы и др.) и результаты практической деятельности (решение задач, выполнение заданий, решение проблем и др.) производится в течение семестра (оценивается в баллах (максимально 60 баллов), к моменту завершения семестра студент должен набрать не менее 33 баллов);

- промежуточная аттестация (экзамен, зачет) производится в конце семестра (оценивается в баллах (максимально 40 баллов), на экзамене (зачете) студент должен набрать не менее 22 баллов).

Итоговый рейтинг по дисциплине определяется суммированием баллов, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам.

В соответствии с «Календарным планом выполнения курсового проекта (работы)»:

- текущая аттестация (оценка качества выполнения разделов и др.) производится в течение семестра (оценивается в баллах (максимально 40 баллов), к моменту завершения семестра студент должен набрать не менее 22 баллов);
- промежуточная аттестация (защита проекта (работы)) производится в конце семестра (оценивается в баллах (максимально 60 баллов), по результатам защиты студент должен набрать не менее 33 баллов).

Итоговый рейтинг выполнения курсового проекта (работы) определяется суммированием баллов, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам.

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература:

1. Разделение изотопов урана: учебное пособие / А.А. Орлов, А.В. Абрамов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 160 с.
2. Коэн К. // Разделение изотопов. В кн. Научные и технические основы ядерной энергетики, Т. 2. Под ред. Гудмена К. М.: Пер. с англ. М: Изд. ИЛ, 1950. С. 5.
3. Cohen K. II The Theory of Isotope Separation as Applied to the Large Scale Production of U235. New York: McGraw-Hill, 1951, 165 p.
4. Виллани С. Обогащение урана. М.: Энергоатомиздат. 1983. – 320 с.
5. Изотопы: свойства, получение, применение. В 2 т. Т.1/Под ред. В.Ю. Баранова. М., ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 728 с.
6. Изотопы: свойства, получение, применение. В 2 т. Т.2/Под ред. В.Ю. Баранова. М., ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 728 с.
7. Изотопы: свойства, получение, применение. Под ред. В.Ю. Баранова. М., ИздАТ, 2000. – 704 с.
8. Zippe G. II Die Gaszentrifuge. Atomwirtschaft. 1987. V. 32. S. 197.
9. Коробцев СВ., Русанов В.Д. II Плазменная центрифуга-плазмохимический реактор нового типа: Обзор. М.: Атоминформ. 1988. 46 с.
10. Устинов А.Л. II "Плазменная центрифуга". Итоги науки и техники. Серия: Физика плазмы. Под ред. проф. Карчевского А.И. М. 1991. Т. 12. С. 42.

11. Жданов В.М. Тайны разделения изотопов. М.: МИФИ, 2004. – 140 с.
12. Шемля М., Перье Ж. Разделение изотопов. М.: Атомиздат, 1980. – 184 с.

Дополнительная литература:

1. Синев Н.М., Батуров Б.Б. Экономика атомной энергетики. М.: Атомиздат. 1980.
2. Сборник статей. Разработка и создание газодиффузионного метода разделения изотопов в СССР (России). – С.-Петербург, ЛНПП «Облик», 2002. – 496 с.
3. Прусаков В.Н. Прогресс в разделении изотопов, материалы юбилейной сессии совета РНЦ «Курчатовский институт». 1993.

Программное обеспечение и Internet-ресурсы: стандартное программное обеспечение компьютерного класса – Microsoft Office (Excel, Word, PowerPoint); редактор для программирования на языке СИ++; Mathcad; Matlab и т.д.

Интернет-ресурсы:

<http://www.rosatom.ru/>

<http://www.lib.tpu.ru/>

<http://window.edu.ru/>

Используемое программное обеспечение:

1. Стандартное программное обеспечение компьютерного класса – Microsoft Office (Excel, Word, PowerPoint); редактор для программирования на языке СИ++; Mathcad; Matlab и т.д.
2. Компьютерные тренажеры разделительных производств ОАО ПО «ЭХЗ» и ОАО «АЭХК», ОАО «СХК»
3. Программа расчета и оптимизации газовых центрифуг "Поток", "Завод"
4. Математические модели расчета основных характеристик газовой центрифуги, нестационарных гидравлических и разделительных процессов, протекающих в каскадах газовых центрифуг.

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины


Указывается материально-техническое обеспечение дисциплины: технические средства, лабораторное оборудование и др.

№ п/п	Наименование (компьютерные классы, учебные лаборатории, оборудование)	Корпус, ауд., количество установок
1	Компьютерный класс	10 к., ауд. 242, 12 компьютеров
2	Учебные лаборатории	10 к.: ауд. 316, ауд. 239, ауд. 244, ауд. 246,

		ауд. 247, ауд. 019, ауд. 001. 11 к.: ауд. 302, ауд. 303.
--	--	---

Программа составлена на основе Стандарта ООП ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС и ООП по направлению 14.03.02 «Ядерные физика и технологии» и профилю подготовки «Физика кинетических явлений»

Программа одобрена на заседании кафедры ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА ФТИ ТПУ (протокол № 14 от « 8 » июня 2015 г.).

Ст.преп. кафедры ТФ ФТИ  С.Н. Тимченко

Рецензент  А.А. Орлов