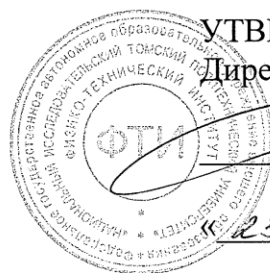


Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет»
Физико-технический институт



УТВЕРЖДАЮ
Директор ФТИ


О.Ю. Долматов

«23» 06 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«ТЕОРИЯ КАСКАДОВ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ ДВУХКОМПОНЕНТНЫХ
ИЗОТОПНЫХ СМЕСЕЙ»
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 8

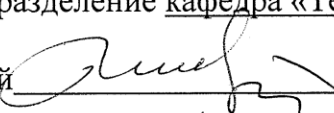
Количество кредитов 6

Код дисциплины Б1.ВМ5.4.6

Виды учебной деятельности	Временной ресурс
Лекции, ч	44
Практические занятия, ч	–
Лабораторные занятия, ч	33
Аудиторные занятия, ч	77
Самостоятельная работа, ч	139
ИТОГО, ч	216

Вид промежуточной аттестации экзамен, диф.зачёт

Обеспечивающее подразделение кафедра «Техническая физика»

Заведующий кафедрой  И.В. Шаманин

Руководитель ООП  Д.С. Исаченко

Профессор  А.А. Орлов

2015 г.

1. Цели освоения дисциплины

Изучение бакалаврами теоретических основ процессов изотопно-селективного переноса в каскадах (многоступенчатых разделительных установках), которые используются для получения обогащённого урана и широкого спектра стабильных и радиоактивных изотопов различных элементов, применяющихся в ядерной энергетике, а также в перспективе будут использоваться для переработки отработавшего ядерного топлива, приобретение навыков расчета и оптимизации разделительных каскадов.

Формирование у обучающихся знаний умений и навыков в области обучения, воспитания и развития, соответствующие целям ООП (по согласованию с РООП).

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Теория каскадов для разделения двухкомпонентных изотопных смесей» относится к циклу Б1.В.3 «Физика кинетических явлений» подготовки бакалавров. Дисциплине «Теория каскадов для разделения двухкомпонентных изотопных смесей» предшествует освоение дисциплин (ПРЕРЕКВИЗИТЫ): Б1.В.2, Б1.В.4, Б1.В.5, Б1.В.8.

Содержание разделов дисциплины «Теория каскадов для разделения двухкомпонентных изотопных смесей» 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.3.5, Б1.В.3.7, Б1.В.3.8.

В результате изучения базовой части цикла студент должен **знать:** Основные способы и установки для разделения изотопов урана; терминологию, используемую для описания методов разделения изотопов урана; специальные разделы математики, физики и химии, лежащие в основе способов, применяемых для организации процессов изотопного разделения; подходы к математическому моделированию разделительных процессов; основные элементы разделительного каскада; способы компоновки технологического оборудования;

уметь: находить и использовать научно-техническую информацию в исследуемой области из различных ресурсов, включая интернет; использовать основные законы естественнонаучных дисциплин при описании разделительных процессов; подбирать способы решения поставленной задачи по заданным условиям работы разделительной установки; определять последовательность и проводить расчет основных параметров установки для разделения изотопов урана; оптимизировать каскады с целью обеспечения максимального КПД их работы; определять физико-химические характеристики разделительного процесса и критически их оценивать; использовать прикладные программы для моделирования и расчета разделительных установок с использованием ЭВМ;

владеть: опытом работы и использования в ходе проведения исследований научно-технической информации, Интернет-ресурсов, баз данных, поисковых систем и др. в области изотопного разделения, в том числе, на иностранном языке; устойчивыми навыками проведения теоретических

расчетов и моделирования процессов изотопного разделения с использованием компьютерной техники, обработки, систематизации и анализа полученных результатов, опытом работы с научно-исследовательским оборудованием; опытом составления отчета по проделанной работе в соответствии с требованиями нормативной документации; приемами синтеза элементов и методиками расчета схем разделительных каскадов.

3. Результаты освоения дисциплины

В соответствии с требованиями ООП освоение дисциплины направлено на формирование у студентов следующих компетенций (результатов обучения), в т.ч. в соответствии с ФГОС:

В результате освоения дисциплины студент должен будет **знать**:

- 1.1. основы теории разделительных каскадов,
- 1.2. структуру и виды разделительных каскадов,
- 1.3. режимы работы каскадов,
- 1.4. особенности оптимизации разделительных каскадов,
- 1.5. области применения стабильных и радиоактивных изотопов,
- 1.6. газофазные способы разделения изотопов.

уметь:

- 1.1. проводить расчет и оптимизацию разделительных каскадов,
- 1.2. проводить расчет времени установления стационарного состояния в каскаде,
- 1.3. определять прочностные характеристики разделительных элементов,
- 1.4. уметь выбрать наиболее эффективный метод разделения изотопов для конкретного элемента.

владеть:

- 1.1. методиками расчета и оптимизации разделительных каскадов.

В процессе освоения дисциплины у студентов развиваются следующие компетенции:

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 Теоретические основы разделения бинарных смесей

- 1.1. Разделительный элемент, разделительная ступень. Основные параметры и уравнения.
- 1.2. Разделительная способность (мощность). Работа разделения. Разделительный потенциал.
- 1.3. Основные принципы каскадирования. Типы разделительных каскадов.
- 1.4. Основные параметры и уравнения симметричного противоточного каскада.
- 1.5. Критерии эффективности работы каскада.

Часть 2. Теория идеальных каскадов

- 2.1. Идеальный каскад для разделения бинарной изотопной смеси.
 - 2.1.1. Основные уравнения симметричного идеального каскада. Классификация идеальных каскадов.
 - 2.1.2. Идеальный каскад с малым обогащением на ступени.
 - 2.1.3. Идеальный каскад с одинаковым немалым коэффициентом разделения на ступенях.
- 2.2. Оптимизация каскада с заданными внешними концентрациями целевого изотопа. Сравнение идеального и оптимального каскадов.
- 2.3. Идеальный каскад с потерями.

Часть 3. Прямоугольные и прямоугольно-секционированные каскады

- 3.1. Прямоугольно-секционированные (ПСК) и прямоугольные каскады (ПК) для разделения бинарных смесей.
 - 3.1.1. ПСК и ПК в случае «слабого обогащения».
 - 3.1.2. Противоточная ступень. Представление разделительной колонны как прямоугольного каскада из противоточных ступеней.
 - 3.1.3. Оптимизация ПК и ПСК в случае слабого обогащения.
- 3.3. ПК в случае произвольных обогащений на его ступенях.
- 3.4. Нестационарные (переходные) процессы в каскадах.
 - 3.4.1. Дифференциальное уравнение нестационарного разделительного процесса. Некоторые особенности нестационарных процессов.
 - 3.4.2. Приближенные решения уравнения нестационарного процесса.

Часть 4. Несимметричные каскады

- 4.1. Несимметричные каскады.
 - 4.1.1. Основные уравнения несимметричного каскада. Идеальный несимметричный каскад с произвольным обогащением на ступени.

4.1.2. Несимметричный идеальный каскад с малым обогащением на ступени.

4.1.3. Прямоугольный несимметричный каскад.

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. Теоретические основы разделения бинарных смесей	14		10	34	1	59
2. Теория идеальных каскадов	12	-	8	34	1	55
3. Прямоугольные и прямоугольно-секционированные каскады	10	-	10	34	1	55
4. Несимметричные каскады	8	-	5	34		47
Итого	44	-	33	136	3	216

Практические занятия:

1. Методика и особенности расчета газодиффузионного каскада
2. Расчет газодиффузионного каскада, состоящего из машин 2-х типов
3. Расчет газодиффузионного каскада, состоящего из машин 3-х типов
4. Расчет газодиффузионного каскада, состоящего из машин 4-х типов
5. Расчет газодиффузионного каскада, состоящего из машин 5-ти типов
6. Расчет газодиффузионного каскада, состоящего из машин 6-ти типов
7. Расчет газодиффузионного каскада, состоящего из машин 6-ти типов с более высокой концентрацией отвала
8. Расчет времени пуска газодиффузионного каскада двумя способами
9. Расчет экономических показателей каскадов, состоящих из машин различных типов.
10. Анализ эффективности работы каскадов, состоящих из машин различных типов.

Лабораторные работы:

1. Устройство и подготовка к эксплуатации газовых центрифуг.
2. Принцип компоновки газовых центрифуг в технологической схеме и контроль режимов их работы.

3. Организация, структура цеха № 41 и компоновка оборудования в технологические каскады.
4. Вспомогательное технологическое и механическое оборудование цеха № 41.
5. Методы анализа состава проб технологических продуктов.

5. Образовательные технологии

При изучении дисциплины «Теория каскадов для разделения бинарных изотопных смесей» используются следующие образовательные технологии:

Таблица 3

Методы и формы организации обучения

ФОО	Лекц.	Лаб. раб.	Пр. зан./ Сем.,	Тр*., Мк**	СРС	К. пр.
Методы						
<i>IT-методы</i>						
Работа в команде		+				
<i>Case-study</i>						
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 включает¹:

¹ Текущая самостоятельная работа может включать следующие виды работ:

- работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;

- 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;
- проведение расчетов по курсовому проекту;
- подготовка к контрольной работе, диф. зачету, экзамену.

Творческая самостоятельная работа включает²:

- - 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 разделительных каскадов;
- 2) изыскания в области перспективных систем разделения изотопов урана;
- 3) моделирование гидравлических и разделительных процессов;
- 4) области применения стабильных и радиоактивных изотопов.

6.2. Содержание самостоятельной работы по дисциплине

Темы индивидуальных заданий:

- Реферат на тему: «Получение особо чистых веществ с помощью газовых центрифуг»
- Реферат на тему: «Подбор газообразных соединений для разделения бинарных смесей»

Темы, выносимые на самостоятельную проработку:

- Каскады для разделения многокомпонентных смесей.

-
- выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ;
 - опережающая самостоятельная работа;
 - перевод текстов с иностранных языков;
 - подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;

² Творческая самостоятельная работа может включать следующие виды работ по основным проблемам курса:

- поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- выполнение расчетно-графических работ;
- выполнение курсовой работы или проекта, работа над междисциплинарным проектом;
- 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.

- Q - каскады и их свойства.
- R – каскады и их свойства.
- Модельные каскады и их свойства.
- Нестационарные процессы в каскаде для разделения многокомпонентных смесей.
- Обзор численных методов решения системы уравнений переноса в каскадах заданного профиля.

Тема курсового проекта: «Расчет газодиффузионных каскадов, состоящих из машин различных типов»

Темы, прорабатываемые с помощью Интернет-тренажеров:

- Компьютерный тренажер разделительного производства

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 средств³) (с примерами):

Перечень вопросов текущего и итогового контроля следующий:

Часть 1

Основные вопросы:

1. Разделительный элемент, разделительная ступень. Основные параметры и уравнения.
2. Разделительная способность (мощность). Работа разделения. Разделительный потенциал.
3. Основные принципы каскадирования. Типы разделительных каскадов.
4. Основные параметры и уравнения симметричного противоточного каскада.
5. Критерии эффективности работы каскада.
6. Какую величину называют коэффициентом деления потока ступени?
7. Дайте определение полного коэффициента разделения ступени, коэффициентов разделения по обогащенной и обедненной фракции.
8. При каком значении концентрации в случае «слабого обогащения» обогащение δ' и обеднение δ'' достигают максимального значения?
9. Как, согласно теории Дирака – Пайерлса, вводится понятие разделительной способности (мощности) ступени? Дайте определение функции ценности.
10. Опишите подход определения явного вида разделительного потенциала в случае «слабого обогащения». Какая величина принята за единицу работы разделения?
11. Как в случае слабого обогащения связана величина разделительной способности с уменьшением энтропии при разделении на ступени? Как рассчитать полное число ступеней в каскаде в случае безотборного режима ($P = W = F = 0$)?
12. Как определяют разделительный потенциал в случае произвольных обогащений на ступени?
13. Дайте определение относительной изотопной концентрации. Опишите два принципиальных подхода к выбору критериев эффективности работы каскада.
14. Из каких соображений можно получить конечно-разностные уравнения, описывающие процесс разделения в каскаде?
15. Дайте определение КПД формы каскада.
16. Опишите подходы к оптимизации (по суммарному потоку) каскада с немалым обогащением на ступенях и с заданными концентрациями целевого изотопа в потоках отбора и отвала.

³ Элементы фонда оценивающих средств:

- вопросы входного контроля;
- контрольные вопросы, задаваемые при выполнении и защитах лабораторных работ;
- контрольные вопросы, задаваемые при проведении практических занятий;
- вопросы для самоконтроля;
- вопросы тестирований;
- вопросы, выносимые на экзамены и зачеты и др.

17. Из каких практических соображений в качестве критерия оптимизации принят минимум суммарного потока питания ступеней

Часть 2

Основные вопросы:

1. Классификация идеальных каскадов.
2. Идеальный каскад с малым обогащением на ступени.
3. Идеальный каскад с одинаковым немалым коэффициентом деления на ступенях.
4. Оптимизация каскада с заданными внешними концентрациями целевого изотопа. Сравнение идеального и оптимального каскадов.
5. Идеальный каскад с потерями.
6. Как учитывают потери рабочего вещества при расчете идеального каскада?
7. Объясните, почему суммарный поток каскада со «смещением» может оказаться меньше суммарного потока идеального каскада из несимметричных ступеней.
8. Каковы особенности идеального каскада с немалым коэффициентом деления на ступенях?
9. Опишите свойства идеального каскада с малым обогащением на ступени.
10. Какой каскад называют «идеальным»?

Часть 3

Основные вопросы:

1. Какой каскад называют прямоугольно-секционированным? Из каких соображений можно найти минимальное число элементов в идеальном несимметричном каскаде при заданных величинах P , C_p , CF , C_w ?
2. Объясните, почему противоточную колонну формально можно представить как прямоугольный каскад.
3. Как выглядят уравнения противоточного симметричного каскада в случае «слабого обогащения»?
4. Из каких соображений можно найти минимальный поток питания каждой ступени в случае слабого обогащения?
5. Что называется высотой, эквивалентной теоретической ступни (ВЭТС)?
6. Каковы принципы оптимизации ПСК и ПК в случае «слабого обогащения»?
7. Как распределяется коэффициент деления потока по длине прямоугольного каскада в случае произвольных обогащений на его ступенях?
8. Из каких исходных соображений можно получить дифференциальные уравнения нестационарного процесса в случае «слабого обогащения»?
9. Каковы особенности нестационарных процессов деления в каскадах для деления бинарных смесей?
10. Перечислите основные параметры симметричного противоточного

каскада.

11. Дайте определение симметричного противоточного разделительного каскада.

12. Основные уравнения симметричного идеального каскада.

Часть 4

Основные вопросы:

1. Какой каскад называют несимметричным?
2. Из каких соображений можно найти минимальное число элементов в идеальном несимметричном каскаде при заданных величинах P , C_p , CF , C_w ?
3. Какой вид имеет уравнение, описывающее процесс разделения в несимметричном каскаде с малым обогащением на ступени?
4. В каком случае может быть получено аналитическое решение для несимметричного идеального каскада при произвольных обогащениях на отдельной ступени?
5. При каких допущениях получены приближенные решения уравнения нестационарного процесса?

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. Виллани С. Обогащение урана. М.: Энергоатомиздат. 1983. – 320 с.
2. Изотопы: свойства, получение, применение. В 2 т. Т.1/Под ред. В.Ю. Баранова. М., ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 728 с.
3. Изотопы: свойства, получение, применение. В 2 т. Т.2/Под ред. В.Ю. Баранова. М., ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 728 с.
4. Изотопы: свойства, получение, применение. Под ред. В.Ю. Баранова. М., ИздАТ, 2000. – 704 с.
5. Жданов В.М. Тайны разделения изотопов. М.:МИФИ, 2004. – 140 с.
6. Шемля М., Перье Ж. Разделение изотопов. М.: Атомиздат, 1980. – 184 с.
7. Теория каскадов для разделения бинарных и многокомпонентных изотопных смесей: *Учебное пособие* / Г.А. Сулаберидзе, В.А. Палкин, В.Д. Борисевич, В.Д. Борман, А.В. Тихомиров; под ред. проф. В.Д. Бормана. М.: НИЯУ МИФИ, 2011. 368 с.

Дополнительная литература:

1. Синев Н.М., Батуров Б.Б. Экономика атомной энергетики. М.: Атомиздат. 1980.
2. Сборник статей. Разработка и создание газоцентрифужного 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.

Internet–ресурсы (в т.ч. Перечень мировых библиотечных ресурсов):

1. www.lib.tpu.ru/
2. www.lib.tsu.ru/
3. www.elibrary.ru/
4. www.scopus.com/
5. www.wokinfo.com/russian/
6. <http://www.rosatom.ru>
7. <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. Программное обеспечение по дефектации газовых центрифуг

4. Программное обеспечение по анализу и статистической обработке данных по отказам газовых центрифуг

5. Программа расчета и оптимизации каскада газовых центрифуг

6. 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.
3	Оборудование: масс-спектрометр УМТ-3 масс-спектрометр ЭМГ-20-9 Спектрометр MSDD1000 Перестраиваемый лазер LF-117 Плазмохимический стенд на базе ВЧГ-4/27	1 (ауд. 001) 1 (ауд. 239) 1 (ауд. 316) 1 (ауд. 316) 1 (ауд. 001)

Программа составлена на основе Стандарта ООП ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС и ООП по направлению 14.03.02 «Ядерная 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.).

Профессор кафедры ТФ ФТИ  А.А. Орлов

Рецензент  А.П. Вергун