

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
«МЕТОДЫ РАЗДЕЛЕНИЯ СТАБИЛЬНЫХ 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 III семестр 5

Количество кредитов 3

Код дисциплины Б1.ВМ5.4.1

Виды учебной деятельности	Временной ресурс
Лекции, ч	16
Практические занятия, ч	16
Лабораторные занятия, ч	16
Аудиторные занятия, ч	48
Самостоятельная работа, ч	60
ИТОГО, ч	108

Вид промежуточной аттестации экзамен

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

Целью освоения дисциплины является теоретическая и практическая подготовка студентов в области разделительных технологий, формирование знаний и умений по совершенствованию разделительных процессов, направленному поиску систем с максимальными разделительными свойствами, также выработки у студентов положительной мотивации к самостоятельной работе и самообразованию.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Методы разделения стабильных изотопов» относится к вариативной части профессионального цикла, связана с изучением методов тонкой очистки веществ, закономерностей обменных процессов, основных положений атомной физики, равновесия и кинетики физико-химических процессов.

Дисциплина «Методы разделения стабильных изотопов» относится к циклу Б1.В.3 «Физика кинетических явлений» подготовки бакалавров. Дисциплине «Методы разделения стабильных изотопов» предшествует освоение дисциплин (ПРЕРЕКВИЗИТЫ): Б1.В.2, Б1.В.4, Б1.В.5, Б1.В.8, Б1.В.3.2, Б1.В.3.5.

Содержание разделов дисциплины «Методы разделения стабильных изотопов» согласовано с содержанием дисциплин, изучаемых параллельно (КОРЕКВИЗИТЫ): Б1.В.3.7, Б1.В.3.8, Б1.В.3.9.

В результате изучения базовой части цикла студент должен **знать:** основные способы и установки для разделения стабильных изотопов; терминологию, используемую для описания методов разделения изотопов; 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; 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. основные термины и определения разделительных процессов,
- 1.2. основные характеристики равновесия, кинетики и динамики процессов разделения изотопов,
- 1.3. технологические процессы разделения изотопов и веществ.
- 1.4. особенности оптимизации разделительных каскадов,
- 1.5. области применения стабильных и радиоактивных изотопов,

уметь:

- 1.1. проводить расчет и оптимизацию разделительных каскадов,
- 1.2. моделировать процессы разделения и очистки веществ,
- 1.3. определять оптимальные условия проведения технологических разделительных процессов,
- 1.4. уметь выбрать наиболее эффективный метод разделения изотопов для конкретного элемента.

владеть:

- 1.1. методиками расчета и оптимизации разделительных каскадов,
- 1.2. методами направленного поиска систем с максимальными разделительными характеристиками для совершенствования разделительных процессов,
- 1.3. методами теории подобия для решения задач, связанных с применением на практике результатов научных исследований.

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 -

знанием закономерностей проведения ионообменных процессов в равновесных и нестационарных условиях, кинетики и динамики ионного обмена;

знанием и умением совершенствовать ионообменное оборудование (колонны, электродиализные аппараты), технологические процессы с точки зрения их ресурсоэффективности;

умением использовать в ионообменных и электроионитных процессах методы физической активации среды с целью их совершенствования.

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 бакалаврской 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:

1. Основы теории процессов разделения изотопов.
2. Методы разделения стабильных изотопов.

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.			
Раздел 1. Основы теории процессов разделения изотопов (8 часов лекций)						
1. Введение Области применения стабильных изотопов. Структура курса.	1		—	2		
2. Основные понятия и термины используемые в процессе разделения изотопов. Разделительный элемент, ступень и каскад. Свойства разделительной ступени. Типы каскадов.	2		—	3		
3. Общие уравнения каскада. Материальный баланс. Минимальное	1		—	3	+	

число ступеней. Флегмовое число.						
4. Идеальный каскад, число ступеней и флегмовое число. Форма идеального каскада.	1		4	3		
5. Суммарные потоки в каскаде. Разделительная мощность и разделительный потенциал. Оптимизация каскада.	3		4	3		
Раздел 2. Методы разделения стабильных изотопов (8 часов лекций)						
1. Разделение изотопов методом изотопного обмена. Квантовый расчет однократных коэффициентов разделения. Аппаратурное оформление процессов. Обращение потоков фаз.	2		4	3	+	
2. Ректификационные методы разделения стабильных изотопов. Формула Релея. Низкотемпературная ректификация.	1		4	3		
3. Лазерное разделение изотопов. Атомарный и молекулярный вариант лазерного разделения. Перспективы совершенствования технологии разделения изотопов.	2		4	3		
4. Электромагнитные и электрохимические методы изотопного разделения. Электрохроматография.	1		4	3	+	
5. Плазменные методы	1		4	3		

разделения изотопов. Плазменная центрифуга.						
6. Газофазные методы изотопного разделения. Сравнительная эффективность. Перспективы совершенствования.	1		4	3		
Итого	16	-	32	32		216

Формируемые в ходе изучения дисциплины результаты обучения находятся в соответствии с результатами основной образовательной программы направления 14.03.02 «Ядерные физика и технологии» и распределены по разделам дисциплины.

Таблица 2.

Распределение по разделам дисциплины планируемых результатов обучения.

№	Формируемые компетенции	Разделы дисциплины	
		1	2
1.	3.7.1	+	+
2.	3.9.1		+
3.	3.14.1	+	+
4.	У.7.1.	+	+
5.	У.9.1.		+
6.	У.14.1.	+	+
7.	В.7.1.	+	+
8.	В.9.1.		+
9.	В.14.1.	+	+

5. Образовательные технологии

При изучении дисциплины «Методы разделения стабильных изотопов» используются следующие образовательные технологии:

Таблица 3

Методы и формы организации обучения

ФОО	Лекц.	Лаб. раб.	Пр. зан./ Сем.,	Тр*., Мк**	СРС	К. пр.
Методы						
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 включает¹:

- 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;
- подготовка к контрольной работе, зачету.

Творческая самостоятельная работа включает²:

- - поиск, анализ, структурирование и презентация информации,
- - исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах;

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;
- 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.

- - 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 стабильных изотопов;
- 3) моделирование гидравлических и разделительных процессов;
- 4) области применения стабильных изотопов.

6.2. Содержание самостоятельной работы по дисциплине

(ТСР) ориентирована на развитие интеллектуальных умений, комплекса универсальных (общекультурных) и профессиональных компетенций, повышение творческого потенциала студентов.

- поиск, анализ, структурирование информации по основным проблемам курса,
- выполнение расчетно-графических работ;
- исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах по основным проблемам курса;
- 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.

Самостоятельная работа включает подготовку к лекционным, практическим и лабораторным занятиям, к экзамену и изучение отдельных тем, отнесенных к самостоятельному освоению студентами с использованием литературных источников, представленных в учебной программе дисциплины. В число часов для самостоятельной работы включено необходимое время для подготовки к текущему контролю, проводимому в течение семестра.

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	Отчеты по лабораторным работам, 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 зачета (рейтинговые баллы и оценка).

Для оценки качества освоения дисциплины при проведении контролирующих мероприятий предусмотрены следующие средства (фонд оценочных средств³) (с примерами):

Перечень вопросов текущего и итогового контроля следующий:

Раздел 1. Основные вопросы:

1. Изотопы, имеющие промышленное значение.
2. Разделительный элемент.
3. Изменение состава разделяемых смесей.
4. Степень разделения.
5. Схема ступени разделения.
6. Степень деления потока на ступени, коэффициент разделения.
7. Простой каскад.
8. Каскад с рециркуляцией.
9. Материальный баланс в каскаде.
10. Минимальное число ступеней в каскаде.
11. Минимальное и действительное флегмовое число в каскаде.
12. Идеальный каскад.
13. Эффективный коэффициент разделения в идеальном каскаде.
14. Число ступеней, флегмовое число идеального каскада.
15. Диаграмма Мак Кэба.

³ Элементы фонда оценивающих средств:

- вопросы входного контроля;
- контрольные вопросы, задаваемых 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.

16. Форма идеального каскада
17. Суммарные потоки в каскаде.
18. Каскад тонкого разделения.
19. Разделительная мощность и разделительный потенциал в каскаде.
20. Оптимизация разделительного процесса в каскаде.

Раздел 2. Основные вопросы:

1. Изотопный обмен.
2. Квантово-статистический расчет однократного коэффициента разделения.
3. Изотопный обмен в противоточных колоннах.
4. Методы обращения потоков фаз.
5. Механизм процесса изотопного разделения при ректификации.
6. Определение коэффициента разделения при ректификации. Формула Релея.
7. Разделение изотопов методом глубокого холода.
8. Атомарный вариант лазерного разделения изотопов.
9. Молекулярный вариант ЛРИ.
10. Схема, аппаратное оформление электромагнитного процесса разделения изотопов.
11. Разделение изотопов в условиях противоточной электромиграции.
12. Применение электродиализа с ионообменными мембранами для разделения изотопов.
13. Разделение изотопов в условиях электрохроматографии.
14. Применение плазмы в процессах разделения изотопов.
15. Плазменная центрифуга и ее характеристика.
16. Газофазные методы изотопного разделения и их сравнительная эффективность.

8. Рейтинг качества освоения дисциплины

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. Изотопы: свойства, получение, применение. В 2 т Т.1. Под. ред. В.Ю. Баранова М.: Физматлит. 2005.-728с.
2. Изотопы: свойства, получение, применение. В 2 т Т.2. Под. ред. В.Ю. Баранова М.: Физматлит. 2005.-728с.
3. Изотопы: свойства, получение, применение. Под. ред. В.Ю. Баранова М.: ИздАТ. 2000.- 704с.
4. Виллани С. Обогащение урана. М.: Энергоатомиздат. 1983.-320с.
5. Шемля М., Перье Ж. Разделение изотопов. М.: Атомиздат. 1980.-184с.
6. Вергун А.П., Пуговкин, Шаров Р.В. Разделение изотопов и тонкая очистка веществ электроионитными и обменными методами. Учебное пособие. Томск. ТПУ 2000.-67с.
7. Власов. В.А., Вергун А.П., Орлов А.А., Тихонов Г.С. разделительные процессы с применением ионообменных материалов. Учебное пособие. Томск. ТПУ. 2002. – 121с.

Дополнительная литература:

1. Розен А.М. Теория разделения изотопов в колоннах. – М.: Атомиздат, 1960.-436с.
2. Сахаровский Ю.А. Теория идеального каскада и ее применение к проектированию установок для разделения изотопов. – М.: МХТИ им. Д.И.Менделеева, 1985.-72с.
3. Зельвенский Я.Д. Разделение изотопов низкотемпературной ректификацией. – М.: МХТИ им. Д.И.Менделеева, 1998. -207с.
4. Мелков М.П., Зельдович А.Г., Фрадков А.Б., Данилов И.Б. выделение дейтерия из водорода методом глубокого охлаждения. – М.: Госатомиздат, 1961.-208с.

5. Бенедикт М., Пигфорд Т. Химическая технология ядерных материалов. - м.: Атомиздат, 1960.
6. Андреев Б.М., Зельвенский Я.Д., Кательников С.Г. Разделение изотопов физико-химическими методами. – М.: Энергоатомиздат, 1982. -208с.
7. Бродский А.М. химия изотопов. – М.: АН СССР, 1992. -595с.
8. Андреев Б.М., Магомедбеков Э.П. Розенкевич М.Б., Сахаровский Ю.А. Гетерогенные реакции изотопного обмена трития. – М.: Эдиториал УРСС, 1999. -208с.
9. Андреев Б.М., Полевой А.С. методы исследования процессов изотопного обмена. – М.: МХТИ им. Д.И.Менделеева, 1987. -79с.

Internet-ресурсы:

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

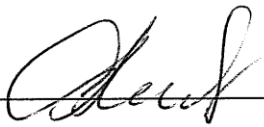
10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

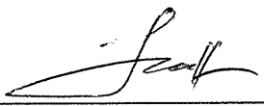
Указывается материально-техническое обеспечение дисциплины: технические средства, лабораторное оборудование и др.

№ 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