

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
«Московский физико-технический институт (государственный университет)»
МФТИ

«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор по учебной и методической работе
_____ Д.А. Зубцов
« » _____ 20 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

по дисциплине: Введение в теорию ускорителей

по направлению: 010900 «Прикладные математика и физика»

профиль подготовки

магистерская программа: 010915 «Физика высоких энергий»

факультет: ФОПФ

кафедра: Фундаментальных и прикладных проблем физики микромира

курс: 5

квалификация: магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (Осенний) – Экзамен

Аудиторных часов: 68 всего, в том числе:

лекции: 68 час.

практические (семинарские) занятия: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 34 час., в том числе:

задания, курсовые работы: 0 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 132, всего зач. ед.: 4

Программу составил: д.ф.-м.н. Трубников Г.В.

Программа обсуждена на заседании кафедры

14 октября 2014 г.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой

Казаков Д.И.

Декан ФОПФ

Трунин М.Р.

Начальник учебного управления

Гарайшина И.Р.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

Основной целью изучения дисциплины «Введение в теорию ускорителей» является обучение основным представлениям о физике ускорителей заряженных частиц.

Задачи дисциплины

- формирование представлений о физических основы методов ускорения заряженных частиц
- получение базовых знаний об ускорительной технике
- формирование навыков расчета основных параметров ускорителей различных типов, а также проектирования и расчета радиационной защиты

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы магистратуры

Дисциплина «Введение в теорию ускорителей» включает в себя разделы, которые могут быть отнесены к вариативной части профессионального цикла ООП М.1.

Дисциплина «Введение в теорию ускорителей» базируется на материалах курсов, читаемых в рамках базовой и вариативной частей УЦ ООП Б.2 и Б.3 (Общая физика, Дифференциальные уравнения, Введение в физику высоких энергий), и относится к профессиональному циклу.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Освоение дисциплины «Введение в теорию ускорителей» направлено на формирование следующих общекультурных и профессиональных компетенций магистра:

а) общекультурные (ОК):

- компетенция самообразования и самоорганизации (ОК-1);
- компетенция получения знаний и использования новой информации (ОК-3);
- компетенция креативности (ОК-5);

б) профессиональные (ПК):

- компетенция профессионального пользования информацией (ПК-1);
- компетенция профессиональной аналитической деятельности (ПК-2);
- компетенция владения методами исследовательской и проектной деятельности (ПК-8)
- компетенция количественного описания явлений и процессов (ПК-11);

В результате освоения дисциплины «Введение в теорию ускорителей» обучающийся должен:

знать:

- основные характеристики ускорителей и пучков заряженных частиц
- основные методы ускорения
- принципы сохранения частиц в пучке в процессе ускорения
- описание пучка в фазовом пространстве
- метод встречных пучков
- методы охлаждения пучков.

уметь:

- эффективно применять вышеуказанные знания на практике для решения фундаментальных и прикладных научных задач в области современной экспериментальной физики элементарных частиц

владеть:

- техникой расчета экспериментов с внутренней мишенью
- техникой расчета радиационной защиты ускорителя

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№ п/п	Тема (раздел) дисциплины	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу				
		Лекции	Практич. (семинар.) задания.	Лаборат. работы	Задания, курсовые работы	Самост. работа.
1.	Введение	2	0	0	0	2
2.	Ускорители прямого действия	4	0	0	0	2
3.	Циклические ускорители. Поперечная устойчивость и фокусировка	4	0	0	0	2
4.	Индукционное ускорение. Бетатрон.	4	0	0	0	2
5.	ВЧ - ускорение. Автофазировка в циклических ускорителях	4	0	0	0	2
6.	Возмущения и допуски в циклических ускорителях	4	0	0	0	2
7.	Методы охлаждения пучков заряженных частиц в циклических ускорителях	4	0	0	0	2
8.	Пространственный заряд и когерентные неустойчивости.	4	0	0	0	2
9.	Типы циклических резонансных ускорителей.	4	0	0	0	2

10.	Линейные резонансные ускорители	4	0	0	0	2
11.	Динамика частиц в линейных резонансных ускорителях.	4	0	0	0	2
12.	Эффекты пространственного заряда в линейных ускорителях	4	0	0	0	2
13.	Конструкция и параметры линейных ускорителей.	4	0	0	0	2
14.	Ускорители со встречными пучками	4	0	0	0	2
15.	Источники заряженных частиц	4	0	0	0	2
16.	Новые методы ускорения	4	0	0	0	2
17.	Радиационная защита ускорителей	6	0	0	0	2
Итого часов		68	0	0	0	34
Общая трудоемкость		102 час., 4 зач.ед.				

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 1 (Осенний)

1 Введение.

Хронология развития ускорительной физики и техники. Ускорители в современной науке и промышленности. Ускорение в электростатических, вихревых и высокочастотных электрических полях. Принципиальные схемы ускорителей. Светимость ускорителя. Области использования ускорителей в фундаментальной науке и различных отраслях жизнедеятельности человека.

2 Ускорители прямого действия.

Ускорители трансформаторного типа. Каскадные ускорители.

Электростатические ускорители

3 Циклические ускорители. Поперечная устойчивость и фокусировка

Поперечная устойчивость и фокусировка. Фокусировка неоднородным магнитным полем.

Критерий устойчивости и бетатронные колебания в периодических системах.

Простейшие элементы фокусирующей системы. Описание системы частиц в

фазовом пространстве, теорема Лиувилля, инвариант Куранта-Снайдера, эмиттанс пучка.

4 Индукционное ускорение. Бетатрон.

Индукционное ускорение. Бетатрон. Линейный бетатрон (линейный индукционный ускоритель)

5 ВЧ - ускорение. Автофазировка в циклических ускорителях

Автофазировка в циклических ускорителях: равновесная частица, принцип автофазировки, фазовые колебания, эффективная масса и критическая энергия.

6 Возмущения и допуски в циклических ускорителях

Резонансы бетатронных колебаний, параметрический резонанс, резонансы связи, нелинейные резонансы. Синхротронные колебания при наличии возмущений.

7 Методы охлаждения пучков заряженных частиц в циклических ускорителях

Радиационное, электронное, ионизационное (мюонное) и стохастическое охлаждение.

8 Пространственный заряд и когерентные неустойчивости.

Статические эффекты пространственного заряда; некогерентный сдвиг частоты бетатронных колебаний (формула Ласлетта). Когерентные колебания пучка. Инкременты когерентных неустойчивостей. Импеданс цилиндрической камеры. Критерий Кайла-Шнелля). Затухание Ландау и другие кинетические эффекты. Неустойчивости в цепочке малых сгустков. Другие виды когерентных неустойчивостей.

9 Типы циклических резонансных ускорителей.

Типы циклических резонансных ускорителей. Описание и конструкция. Магниты и их питание. Ускоряющие системы. Циклические ускорители с постоянным магнитным полем (циклотрон, синхроциклотрон, микроотрон). Циклический ускоритель с постоянной орбитой – синхротрон.

10 Линейные резонансные ускорители

Основные характеристики ускоряющих систем. Особенности систем со стоячей волной. Диафрагмированный волновод. Резонатор с трубками дрейфа.

11 Динамика частиц в линейных резонансных ускорителях.

Продольное движение в поле волны. Предгруппировка частиц. Фокусировка частиц в линейных резонансных ускорителях.

12 Эффекты пространственного заряда в линейных ускорителях

Продольное движение в самосогласованном поле. Нагрузка током и оптимизация параметров ускорителя. Влияние кулоновского поля.

13 Конструкция и параметры линейных ускорителей.

Линейные резонансные ускорители электронов. Линейные ускорители ионов. Сверхпроводящие линейные ускорители.

14 Ускорители со встречными пучками

Метод встречных пучков. Накопление легких частиц. Накопление тяжелых частиц. Ускорительно-накопительные комплексы. Линейные коллайдеры. Сильноточные электронные и ионные пучки. Импульсные источники мощности. Сильноточные диоды. Транспортировка сильноточных пучков.

15 Источники заряженных частиц

Электронные пушки. Ионные источники на основе высоковольтного разряда. ЭЦР-источники. Лазерные ионные источники. Ионные источники с электронным пучком-ионизатором. Источники поляризованных ионов.

16 Новые методы ускорения

Ускорение электронных колец. Лазерные и плазменные методы ускорения. Синхротронное излучение. Лазеры на свободных электронах.

17 Радиационная защита ускорителей

Вакуум в ускорителях. Радиационная защита ускорителей: Взаимодействие частиц с остаточным газом в ускорителе: ионизационные потери и их флуктуации (straggling); однократное и многократное рассеяние. Типичные вакуумные условия в различных ускорителях. Радиационная защита ускорителей.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Необходимое оборудование для лекций и практических занятий: компьютер и мультимедийное оборудование (проектор)

Необходимое программное обеспечение: Adobe Reader

Обеспечение самостоятельной работы: доступ к библиотеке

6. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Основная литература

1. А.Н. Лебедев, А.В. Шальнов "Основы физики и техники ускорителей", М.:Энергоатомиздат, 1991.

2. И.Н. Мешков, Е.М. Сыресин "Ускорители заряженных частиц в ядерной физике и физике высоких энергий", Лекции для молодых ученых, ОИЯИ, 1998.
3. И.Н. Мешков, "Транспортировка пучков заряженных частиц", Новосибирск, "Наука", 1991.

Дополнительная литература

1. Ю.М. Адо, С.М. Варзарь, А.П. Черняев "Введение в физику ускорителей. Задачи", изд-во МГУ, 1999
2. Коломенский А.А. "Физические основы методов ускорения заряженных частиц", М.: Издательство МГУ, 1980

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

-

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

-

9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

-

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

-

11. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по итогам обучения

Перечень контрольных вопросов для сдачи экзамена в 1-ом семестре:

1. Ускорители заряженных частиц. Назначение, применение, типы ускорителей.
2. Магнитная система ускорителей.
3. Фокусировка магнитным полем.
4. Уравнение движения частицы в магнитном поле ускорителя.
5. Матричная форма решения уравнения движения. Матрицы перехода различных элементов. Матричный метод анализа устойчивости движения.
6. Замкнутое решение уравнения движения. Связь бетатронной функции с матричными элементами.
7. Слабая и сильная фокусировка
8. Анализ бетатронного движения на фазовой плоскости. Фазовый объем пучка.
9. Зависимость параметров орбиты от энергии частицы.
10. Резонансный режим ускорения. Принцип автофазировки.
11. Анализ синхротронного движения, фазовая плоскость, сепаратриса.
12. Синхротронное излучение
13. Стохастическое охлаждение пучков.
14. Электронное охлаждение пучков.
15. Влияние пространственного заряда на некогерентные бетатронные колебания. Накопление ионов.
16. Влияние пространственного заряда встречного пучка.
17. Влияние пространственного заряда на некогерентные синхротронные колебания. Понятие о когерентных неустойчивостях.
18. Ускорители со встречными пучками: светимость, ограничение светимости эффектами встречи.
19. Особенности ускорителей различных типов (линейные и циклические ускорители).
20. Особенности ускорителей различных типов (циклотрон, бетатрон, микротрон, синхротрон).