Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский
государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)

Физический факультет



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВЫ УСКОРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Направление подготовки **03.04.02 Физика**

Направление подготовки **03.04.01 Прикладные математика и физика**

Направленность (профиль): **все профили подготовки**

Форма обучения **Очная**

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	144	32	32		58	18	2			2
Всего 144 часа /4 зачетных единицы, из них: - контактная работа 68 часов										
Компетенции ОПК-1(03.04.02 Физика, 03.04.01 Прикладные математика и физика)										

Руководитель программы д.ф.-м.н. И. Б. Логашенко

Новосибирск, 2026

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с установленными в программе индикаторами достижения компетенций 3

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы 4

3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося 5

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий 5

5. Перечень учебной литературы 8

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся 8

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины 8

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине 9

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине 9

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине 9

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с установленными в программе индикаторами достижения компетенций

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. (03.04.02 Физика) Способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности.	**ОПК - 1.1.** Применяет фундаментальные и прикладные знания, новейшие достижения в области физико-математических и естественных наук для решения поставленных задач при проведении научных работ, аналитических и (или) проектных исследований в избранной области профессиональной деятельности. **ОПК - 1.2.** Применяет современные экспериментальные и теоретические методы, информационные технологии для решения поставленных задач при проведении научных работ, аналитических и (или) проектных исследований в избранной области профессиональной деятельности.	**Знать** методы и способы постановки и решения задач физических исследований в области ускорительной техники; знать базовые разделы ускорительной техники: основные понятия, модели, законы и теории; теоретические и методологические основы физики ускорителей и способы их использования при решении научно-инновационных задач. **Уметь** самостоятельно ставить и решать конкретные задачи научных исследований в области ускорительной техники; уметь решать типовые учебные задачи по основным ускорительной техники; применять полученную

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. (03.04.01 Прикладные математика и физика) Способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности.	**ОПК - 1.1.** Применяет фундаментальные и прикладные знания, новейшие достижения в области физико-математических и естественных наук для решения поставленных задач при проведении научных работ, аналитических и (или) проектных исследований в избранной области профессиональной деятельности. **ОПК - 1.2.** Применяет современные экспериментальные и теоретические методы, информационные технологии для решения поставленных задач при проведении научных работ, аналитических и (или) проектных исследований в избранной области профессиональной деятельности.	теоретическую базу для решения научно-инновационных задач. **Владеть** элементарными навыками постановки и решения задач научных исследований в области ускорительной техники; основными методами научных исследований с использованием ускорительной техники.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Основы ускорительной техники» является одной из дисциплин по выбору по направлению подготовки **03.04.02 Физика**, **03.04.01 Прикладные математика и физика**. Курс «Основы ускорительной техники» развивает знания, умения и навыки, сформированные у обучающихся по результатам общей базовой подготовки в рамках программ бакалавриата. Для его восприятия требуется предварительная подготовка по таким физическим дисциплинам как электродинамика, механика и теория относительности, а также по математике (основы математического анализа, дифференциальные уравнения). Курс, в первую очередь, предназначен для магистрантов, область будущей профессиональной деятельности которых работа с ускорителями заряженных частиц, включая исследования с использованием синхротронного излучения и медицинские применения ускорителей.

3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося

Трудоемкость дисциплины – 4 з.е. (144 ч)
Форма промежуточной аттестации: 1 семестр – экзамен

Таблица 3.1

№	Вид деятельности	Семестр
		1
1	Лекции, ч	32
2	Практические занятия, ч	32
3	Лабораторные занятия, ч	
4	Занятия в контактной форме, ч, из них	68
5	из них аудиторных занятий, ч	64
6	в электронной форме, ч	-
7	консультаций, час.	2
8	промежуточная аттестация, ч	2
9	Самостоятельная работа, час.	76
10	Всего, ч	144

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

Лекции (32 ч)

Таблица 4.1

Наименование темы и их содержание	Объем, час
Введение: виды и общая конструкция ускорителей заряженных частиц	
История возникновения ускорителей заряженных частиц. Виды ускорителей заряженных частиц. Краткое описание возможностей их использования. Элементы ускорителей. Примеры современных ускорителей и ускорительных центров. Примеры современных проектов на основе ускорителей.	2
Электромагнитное поле	
Уравнения Максвелла. Волновые уравнения. Волны в свободном пространстве. Волны при наличии граничных условий. Примеры решений волновых уравнений для простых геометрических форм. Передача мощности. Используемые моды электромагнитного поля в ускорительной технике.	2
Взаимодействие заряженных частиц с электромагнитным полем	
Уравнение Лоренса. Релятивистский фактор. Уравнения движения заряженной частицы. Собственные поля пучка заряженных частиц. Кулоновские силы. Набор энергии заряженной частицы. Фундаментальная теорема о нагрузке током пучка резонатора.	2
Ускоряющие структуры на бегущей волне	
Фазовая скорость. Групповая скорость. Замедление волн. Пространственные гармоники и виды колебаний. Набор связанных резонаторов. Возбуждение ускоряющей структура на стоячей волне. Структура с постоянным импедансом. Структура с постоянным градиентом. Шунтовое сопротивление.	2
Особенности движения заряженных частиц в структурах на бегущей волне	
Выбор моды колебаний. Набор энергий с учетом пространственных гармоник. Движение пучка конечного поперечного размера. Набор энергии в структуре с	2

постоянным импедансом. Набор энергии в структуре с постоянным градиентом. Нагрузка током пучка ускоряющего напряжения. Особенности движения конечного импульса тока пучка.	
Ускоряющие резонаторы (структуры на стоячей волне)	
Общее устройство резонаторов. Мода колебания электромагнитного поля E010. Запасенная энергия резонаторов. Основные характеристики резонаторов. Возбуждение резонаторов. Связь резонаторов с внешней линией. Шунтовое сопротивление. Высшие моды резонаторов. Ускоряющие структуры на стоячей волне.	2
Особенности движения заряженных частиц в структурах на стоячей волне	
Набор энергии пучком в резонаторе. Времяпролетный фактор. СВЧ фокусировка. Нагрузка током пучка напряжения резонатора. Особенности движения конечного импульса тока пучка. Представление о «ВЧ гимнастики».	2
Источники заряженных частиц	
Эмиссия электронного пучка. Катоды. Электронные пушки. Первеанс электронной пушки. Виртуальный катод. Источники ионов. Источники протонов. Источники позитронов.	2
Магнитные элементы ускорителей: аксиально симметричное поле	
Векторный потенциал. Аксиально-симметричное магнитное поле. Соленоид. Поле соленоида. Аксиально-симметричное знакопеременное поле постоянных магнитов. Теорема Буша.	2
Магнитные элементы ускорителя: квадрупольные линзы и дипольные магниты	
Жесткая фокусировка. Квадрупольная линза. Поле квадрупольной линзы. Дипольный магнит. Поле дипольного магнита. Особенности устройств магнитных элементов ускорителей.	2
Движение заряженных частиц в постоянных фокусирующих элементах	
Фокусировка соленоидом. Ларморовская прецессия. Тонкая линза. Фокусировка квадрупольной линзой. ФОДО ячейка. Уравнение движения в периодических фокусирующих каналах. Диаграмма устойчивости. Понятие об огибающей пучка. Движение в дипольных магнитах. Матричный формализм. Параметры Твисса.	2
Конструкции линейных ускорителей	
Элементы линейных ускорителей. Источники СВЧ мощности. СВЧ нагрузки. Волноводный тракт. Вакуумное волноводное окно. Вывод пучка промышленных и медицинских ускорителей. Примеры использования линейных ускорителей.	2
Циклические ускорители с постоянным магнитным полем – циклотроны	
Конструкция циклотронов. Движение частиц в циклотронах. Захват в режим ускорения. Набор энергии в циклотронах. Примеры работающих циклотронов. Использование цикло-тронов.	2
Циклические ускорители с переменным магнитным полем – синхротроны	
Конструкция синхротронов. Движение частиц в синхротронах. Ускорение в синхротронах. Потери энергии на синхротронное излучение. Примеры работающих синхротронов. Использование синхротронов.	2
Дополнительные вопросы ускорительной техники	
Особенности проектирования ускорителей. Процесс тренировки СВЧ полем. Пробои СВЧ поля. Вакуумная система ускорителей. Радиационная защита и техника безопасности. Вопросы инжекции и экстракции пучка.	2

Практические занятия (32 ч) Таблица 4.2

Содержание практического занятия	Объем, час
Занятие 1 Применение уравнений электромагнитного поля	

Расчет мод основных мод электромагнитного поля для прямоугольного и круглого волноводов H10 и E01; Расчет энергетических и мощностных характеристик для E01 цилиндрического волновода	2
Занятие 2 Работа с уравнениями движения для заряженных частиц	
Вывод уравнений для заряженных частиц с учетом релятивистского фактора для декартовой и цилиндрической систем координат. Получение Кулоновского силы для простых видов пучков. Вывод форм-факторов для равномерного и гауссова пучка для фундаментальной теоремы о нагрузке током пучка.	2
Занятие 3 Дисперсионное уравнение для набора связанных резонаторов	
Вывод дисперсионного уравнения для набора связанных резонаторов. Вывод из дисперсионного уравнения фазовой и групповой скорости. Расчет параметров структуры по выведенным уравнениям	2
Занятие 4 Учет нагрузки том пучка	
Вывод уравнения для нагрузки током пучка; определение энергетического разброса для непрерывного и конечного токов пучка; вывод времени инжекции для компенсации энергетического разброса.	2
Занятие 5 Расчет характеристик резонаторов	
Определение запасенной энергии и мощности потерь для моды E010; определение набираемой пучком энергии для моды E010; определение нагруженного времени резонатора; определение мощностных и энергетических характеристик резонаторов для разных коэффициентов связи с внешней линией	2
Занятие 6 Учет нагрузки током пучка	
Вывод уравнения переходного процесса с учетом пучка; определение времени инжекции пуч-ка для компенсации энергетического разброса; примеры «ВЧ гимнастики»	2
Занятие 7 Расчет пучка электронной пушки	
Определение переанса пушки; определение просадки потенциала; определение тока эмиссии пучка	2
Занятие 8 Работа аксиально-симметричным полем	
Получение уравнения параксиального луча; вывод теоремы Буша	2
Занятие 9 Расчет дипольного магнита	
Определение силы дипольного магнита для заданного пучка; расчет характеристик дипольного магнита для получения заданной силы	2
Занятие 10	
Получение уравнения пучка; нахождение области устойчивости; расчет акцептанса канала	2
Занятие 11 Расчет ФОДО ячейки	
Расчет параметров линейного ускорителя. По имеющимся параметрам выходного пучка рассчитать количество ускоряющих резонаторов, набор энергии, необходимую мощность генератора, оценить параметры источника электронов	2
Занятие 12 Расчет параметров циклотрона	
Исходя из заданных параметров выходного пучка рассчитать магнитное поле циклотрона, ускоряющее напряжение, движение пучка, габариты циклотрона	2
Занятие 13 Оценка параметров синхротрона	
Из заданных параметров пучка синхротрона оценить изменение магнитных дипольных полей, потери на синхротронное излучение, часты вращения пучка	2
Занятие 14 Обсуждение особенностей разработки ускорителей	
Получение точностей изготовления резонаторов; оценка параметров системы термостабилизации ускоряющих структур; оценка радиационной защиты	4

Самостоятельная работа студентов (76 ч) Таблица 4.3

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Подготовка к практическим занятиям	48
Изучение теоретического материала, не освещаемого на лекциях	10
Подготовка к экзамену	18

5. Перечень учебной литературы

1. Атабеков Г.И. Основы теории цепей: [Учеб. для втузов] / Г.И. АтабековМ.: Энергия, 1969424 с.: черт. (14 экз.)
2. Карлинер М.М. Электродинамика СВЧ: Курс лекций / М.М. Карлинер; Новосиб. гос. ун-т, Физ. фак., Каф. Радиофизики Новосибирск: НГУ, 1999226 с.: ил.; 20 см. (39 экз.)
3. Коломенский А.А. Теория циклических ускорителей / А. А. Коломенский, А.Н. ЛебедевМ. : Физматгиз, 1962352 с. : ил. ; 22 см (13 экз.).

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся

4. А.Е. Левичев, В.М. Павлов. Линейные СВЧ ускорители. Часть I: электродинамика ускоряющих структур на основе круглого диафрагмированного волновода. Новосибирск: РИЦ НГУ, 2015.
5. А.П. Черняев. Ускорители в современном мире: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 011200-"Физика" и по специальности 010701-"Физика" / А.П. Черняев. Москва: Изд-во МГУ, 2012
6. Л.Л. Гольдин. Физика ускорителей / Л.Л. Гольдин. М. : Наука, 1983
7. Frontiers of Accelerator Technology: Proc.of the Joint US-CERN-JAPAN Intern. School, Hayama/ Tsukuba, 9-18 sept.1996 / Eds.: S.I. Kurokawa, M. Month, S.Turner. Singapore: World Sci., 1999
8. Б.З. Персов. Проектирование экспериментальных установок в примерах и задачах: учебное пособие: М-во образования и науки РФ, Новосиб. нац. исслед. гос. ун-т, Физ. фак., Каф. Радиофизики Новосибирск: Новосибирский государственный университет, 2011
9. Дж. Лоусон. Физика пучков заряженных частиц. М. Мир. 1980
10. *Лебедев А. Н., Шальнов А. В.* Основы физики и техники ускорителей. Второе издание. М.: Энергоатомиздат, 1991.
11. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теория поля. М.: «Наука», 1988.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

7.1 Ресурсы сети Интернет

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет;
- «Российская национальная платформа открытого образования» (http://openedu.ru/), edX (www.edx.org);
- Веб-страницы ведущих международных центров СИ.

Взаимодействие обучающегося с преподавателем (синхронное и (или) асинхронное) осуществляется через личный кабинет студента в ЭИОС, электронную почту.

7.2 Современные профессиональные базы данных:

www.jacow.org

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

8.1 Перечень программного обеспечения

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий приложения для работы с документами и презентациями.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

8.2 Информационные справочные системы

Не используются.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации;

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся;

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Перечень результатов обучения по дисциплине и индикаторов их достижения представлен в разделе 1.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль успеваемости:

Текущий контроль успеваемости осуществляется контролем посещения занятий обучающимся и выполнения запланированных работ, в том числе: проведение опроса в начале каждой лекции по материалам предыдущей лекции, а также проведение коротких самостоятельных работ в начале каждого практического занятия с решением типовых задач, разобранных на предыдущем практическом занятии.

Промежуточная аттестация:

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленная компетенция ОПК-1 сформирована не ниже порогового уровня в части, относящейся к формированию способности свободно владеть знаниями в области ускорительной техники и использовать их в профессиональной деятельности.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на экзамене. Экзамен проводится в конце семестра в экзаменационную сессию по билетам в устной форме. Вопросы билета подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенции ОПК-1.

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем. Каждый вопрос билета оценивается от 0 до 5 баллов. Положительная оценка ставится, когда все компетенции освоены не ниже порогового уровня. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение итоговой аттестации

Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине

Таблица 10.1

Код компетенции	Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочное средство
ОПК- 1	**ОПК - 1.1.** Применяет фундаментальные и прикладные знания, новейшие достижения в области физико-математических и естественных наук для решения поставленных задач при проведении научных работ, аналитических и (или) проектных исследований в избранной области профессиональной деятельности.	**Знать** методы и способы постановки и решения задач физических исследований в области ускорительной техники; знать базовые разделы ускорительной техники: основные понятия, модели, законы и теории; теоретические и методологические основы физики ускорителей и способы их использования при решении научно-инновационных задач.	Проведение самостоятельных работ, экзамен.
	ОПК - 1.2. Применяет современные экспериментальные и теоретические методы, информационные технологии для решения поставленных задач при проведении научных работ, аналитических и (или) проектных исследований в избранной области профессиональной деятельности.	**Уметь** самостоятельно ставить и решать конкретные задачи научных исследований в области ускорительной техники; уметь решать типовые учебные задачи по основным ускорительной техники; применять полученную теоретическую базу для решения научно-инновационных задач. **Владеть** элементарными навыками постановки и решения задач научных	Проведение самостоятельных работ, экзамен.

		исследований в области ускорительной техники; основными методами научных исследований с использованием ускорительной техники.	

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Шкала оценивания
Решение заданий: – задание решено правильно, – работа оформлена аккуратно, четкие рисунки и чертежи, – осмысленность, логичность и аргументированность изложения материала, – точность и корректность применения терминов и понятий. «Сдать задачу» означает объяснение хода её решения и, при необходимости, ответы на дополнительные вопросы преподавателя, имеющие принципиальное значение для данной дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы. В ответах на вопросы преподавателя обучающийся мог допустить непринципиальные неточности. **Экзамен:** – самостоятельность, осмысленность, структурированность, логичность и аргументированность изложения материала, отсутствие затруднений в объяснении процессов и явлений, а также при формулировке собственных суждений, – точность и корректность применения терминов и понятий, – наличие исчерпывающих ответов на дополнительные вопросы. При изложении ответа на вопрос(ы) преподавателя обучающийся мог допустить непринципиальные неточности.	*Отлично*
Решение заданий: – задание решено правильно, – работа оформлена аккуратно, четкие рисунки и чертежи, – осмысленность, логичность и аргументированность изложения материала, наличие затруднений в формулировке собственных суждений, – точность и корректность применения терминов и понятий, при наличии незначительных ошибок. «Сдать задачу» означает объяснение хода её решения и, при необходимости, ответы на дополнительные вопросы преподавателя, имеющие принципиальное значение для данной дисциплины. Отвечает на дополнительные вопросы. В ответах на вопросы преподавателя обучающийся мог допустить непринципиальные неточности. **Экзамен:** – самостоятельность, осмысленность, структурированность, логичность и аргументированность изложения материала, наличие затруднений в объяснении отдельных процессов и явления, а также при формулировке собственных суждений, – точность и корректность применения терминов и понятий при наличии незначительных ошибок,	*Хорошо*

– наличие полных ответов на дополнительные вопросы с возможным присутствием ошибок.	
Решение заданий: – задание решено правильно, - работа оформлена неаккуратно – неосознанность и неосновательность выбранных методов анализа, – нет осмысленности в изложении материала, наличие ошибок в логике и аргументации, – корректность применения терминов и понятий, при наличии незначительных ошибок. «Сдать задачу» означает объяснение хода её решения и, при необходимости, ответы на дополнительные вопросы преподавателя, имеющие принципиальное значение для данной дисциплины. При ответах на вопросы допускает ошибки **Экзамен:** – теоретический и фактический материал в слабой степени подкреплен ссылками на научную литературу и источники, – частичное понимание и неполное изложение причинно-следственных связей, – самостоятельность и осмысленность в изложении материала, наличие ошибок в логике и аргументации, в объяснении процессов и явлений, а также затруднений при формулировке собственных суждений, – корректность применения терминов и понятий, при наличии незначительных ошибок, – наличие неполных и/или содержащих существенные ошибки ответов на дополнительные вопросы.	*Удовлетвори тельно*
Решение заданий: – задание решено неправильно, – компилятивное, неосмысленное, нелогичное и неаргументированное изложение материала, – грубые ошибки в применении терминов и понятий, «Сдать задачу» означает объяснение хода её решения и, при необходимости, ответы на дополнительные вопросы преподавателя, имеющие принципиальное значение для данной дисциплины. На дополнительные вопросы не отвечает. **Экзамен:** – фрагментарное и недостаточное представление теоретического и фактического материала, не подкрепленное ссылками на научную литературу и источники, – непонимание причинно-следственных связей, – отсутствие осмысленности, структурированности, логичности и аргументированности в изложении материала, – грубые ошибки в применении терминов и понятий, – отсутствие ответов на дополнительные вопросы.	*Неудовлетво -рительно*

Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Примеры заданий для самостоятельного решения

1. Рассчитать параметры дипольного магнита для поворота пучка электронов с энергией 1 ГэВ на угол 30 градусов

2. Определить максимально возможный ускоряемый ток в ускоряющей структуре на основе диафрагмированного волновода с постоянным импедансом при условии непрерывности пучка электронов
3. Получить решение для поперечного движения частицы в постоянном аксиально-симметричном магнитном поле при заданных начальных условиях
4. Показать движение протона в циклотроне при заданных магнитном и ускоряющем полях.
5. Рассчитать мощность, необходимую для изменения энергии электрона на 1 МэВ в цилиндрическом резонаторе с собственной добротностью 16000 и частотой 2856 МГц
6. Определить запасенную энергию для моды резонатора E010 цилиндрической формы

7. Получить электромагнитное поле от движущегося непрерывного пучка цилиндрической формы. Получить выражение для потенциала такого пучка в цилиндрической вакуумной камере.

8. Получить частоту Лоуренса при движении в аксиально-симметричном магнитном поле

9. Получить выражение для фазовой и групповой скорости для бесконечного диафрагмированного волновода

10. Определить величину магнитного поля синхротрона для ускорения пучка электронов с энергией 4 ГэВ

Примеры вопросов на экзамен

1. Применение линейных ускорителей заряженных частиц.
2. Виды и особенности линейных ускорителей.
3. Виды и особенности циклических ускорителей.
4. Основные элементы линейного ускорителя.
5. Применение циклических ускорителей.
6. Описание ускорителя типа циклотрон.
7. Описание ускорителя типа синхротрон.
8. Описание основных свойств и принципов источников электронных пучков.
9. Уравнения Максвелла.
10. Критерий устойчивости в периодическом канале с жесткой фокусировкой.
11. Уравнения движения в электромагнитном поле.
12. Описание движения в циклотроне.
13. Замедление волн в периодической ускоряющей структуре.
14. Набор энергии в резонаторе со стоячей волной.
15. Описание движения в аксиально-симметричном магнитном поле.
16. Описание движения в дипольных магнитах.

Пример экзаменационного билета

1. Основные элементы линейного ускорителя.
2. Уравнения движения в электромагнитном поле.
3. Рассчитать параметры дипольного магнита для поворота пучкаэлектронов с энергией 1 ГэВ на угол 30 градусов.

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям стандартов, хранятся на кафедре-разработчике РПД в электронном виде.