

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра электрофизических установок и ускорителей

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФТФ

к.ф-м.н. Корель И. И.

“ ____ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Электродинамика заряженных частиц

Образовательная программа: 03.03.02 Физика, профиль: Ядерная физика и ядерные технологии

Курс: 3, семестры : 5 6

Физико-технический факультет,

		Семестр	
№	Вид деятельности	5	6
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	3	3
2	Всего часов	108	108
3	Всего занятий в контактной форме, час.	62	46
4	Лекции, час.	36	36
5	Практические занятия, час.	18	0
6	Лабораторные занятия, час.	0	0
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	16	0
8	Аттестация, час.	2	2
9	Консультации, час.	6	8
10	Самостоятельная работа, час.	46	62
11	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе)	контр.	КР контр.
12	Вид аттестации	3	Э

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 03.03.02 Физика

ФГОС введен в действие приказом №937 от 07.08.2014 г. , дата утверждения: 25.08.2014 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, вариативная, по выбору студента

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 03.03.02 Физика

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ЭФУиУ, протокол заседания кафедры №4 от 20.06.2017

Утверждена на совете физико-технического факультета, протокол № 3 от 21.06.2017

Программу разработал:

доцент, к.ф-м.н. Иванов А. В.

Заведующий кафедрой:

с.н.с., д.ф-м.н. Бурдаков А. В.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Бурдаков А. В.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Компетенция ФГОС: ОПК.2 способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей; в части следующих результатов обучения:	
у1. уметь использовать математический аппарат для освоения теоретических основ и практического использования физических методов	
Компетенция ФГОС: ОПК.3 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач; в части следующих результатов обучения:	
з3. знать основные законы физики, являющиеся базовыми для решения задач профессиональной деятельности	
у1. уметь пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями физики	
Компетенция ФГОС: ОПК.4 способность понимать сущность и значение информации в развитии современного общества, осознавать опасность и угрозу, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности; в части следующих результатов обучения:	
у1. уметь понимать, излагать и критически анализировать базовую общефизическую информацию	
у2. уметь использовать информационные технологии для решения физических задач	
Компетенция ФГОС: ПК.1 способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин; в части следующих результатов обучения:	
з7. знать базовые знания по теории движения частиц в циклических ускорителях.	

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
<i>Электродинамика заряженных частиц</i>	
ПК.1.з7 знать базовые знания по теории движения частиц в циклических ускорителях.	
1. об основных закономерностях движения потока заряженных частиц в ускорителях	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ОПК.2.у1 уметь использовать математический аппарат для освоения теоретических основ и практического использования физических методов	
2. О возникновении эффекта фокусировки частиц в аксиально-симметричных электрических и магнитных линзах	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
3. Об основных особенностях движения потоков в периодическом канале	Лекции; Самостоятельная работа
4. Основы начального формирования интенсивных потоков заряженных частиц	Лекции; Самостоятельная работа
5. Оценка оптических характеристик линз с аксиальной симметрией.	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
6. Оценка матричных элементов отдельных квадрупольных линз и их комбинаций.	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
7. Оценка распыления потока высокой интенсивности благодаря силам пространственного заряда.	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
8. Нахождения параксиального разложения полей и потенциалов	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
9. Нахождения фокусных расстояний электрических и магнитных линз	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
10. Оценка предельного тока, вызванного эффектом образования виртуального катода.	Лекции; Самостоятельная работа
ОПК.3.з3 знать основные законы физики, являющиеся базовыми для решения задач профессиональной деятельности	

11. Основные уравнения электромагнитного поля и уравнения движения частиц	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
12. Теорему Лиувилля и понятие поперечного фазового объема.	Лекции; Самостоятельная работа
13. Основные эффекты объемного заряда	Лекции; Самостоятельная работа
14. Работа с уравнением Хилла и построение огибающих пучка в периодическом канале для потока невзаимодействующих частиц.	Лекции; Самостоятельная работа
ОПК.3.у1 уметь пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями физики	
15. Об основных особенностях движения заряженных частиц в стационарных однородном и слабо неоднородном электрическом и магнитном полях	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
16. Об основных особенностях движения потоков с конечным эмиттансом	Лекции; Самостоятельная работа
ОПК.4.у1 уметь понимать, излагать и критически анализировать базовую общефизическую информацию	
17. Понятия эмиттанса пучка и аксептанса канала	Лекции; Самостоятельная работа
18. Получение основных уравнений движения из принципа наименьшего действия.	Лекции; Самостоятельная работа
ОПК.4.у2 уметь использовать информационные технологии для решения физических задач	
19. Численного моделирования периодического канала и нахождения его основных характеристик	Лекции; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения
Семестр: 5			
Дидактическая единица: Уравнения электромагнитного поля и движения частиц			
1. Обзор основных типов ускорителей заряженных частиц. Метод встречных пучков.	0	2	11
2. Некоторые теоремы теории поля. Дельта-функция Дирака и фундаментальные гармонические функции.	0	2	11
3. Основные уравнения электромагнитного поля. Скалярный и векторный потенциалы, уравнение Пуассона.	0	2	11
4. Моделирование полей; метод сеток, конечных элементов; граничных элементов.	0	2	11, 19
5. Принцип наименьшего действия и основные уравнения движения.	0	4	11, 15, 18
Дидактическая единица: Динамика одиночной заряженной частицы			
6. Электронно-оптическая аналогия.	0	2	11, 15, 18
7. Движение в однородных полях.	0	4	1, 15
8. Движение в слабонеоднородном магнитном поле. Понятие об адиабатическом инварианте. Ловушка Будкера.	0	2	1, 15
Дидактическая единица: Аксиально-симметричные линзы			
9. Случай аксиально-симметричного поля.	0	2	11, 15
10. Электростатические линзы и зеркала.	0	2	11, 15, 2, 5, 8, 9

11. Магнитные линзы.	0	2	11, 15, 2, 5, 8, 9
12. Абберации линз с аксиальной симметрией.	0	2	11, 15, 2, 8, 9
13. Аксиально-симметричная линза с сильной фокусировкой (линза Будкера).	0	2	11, 15, 2, 8, 9
Дидактическая единица: Линзы с поперечным полем			
14. Принцип сильной фокусировки и квадрупольные линзы.	0	4	15, 6, 8, 9
15. Линзы с числом пар полюсов больше двух.	0	2	15, 6, 8, 9
Семестр: 6			
Дидактическая единица: Динамика пучков с конечным эмиттансом			
16. Теорема Лиувилля и поперечный фазовый объем пучка. Понятие эмиттанса пучка и аксептанса канала.	0	4	12, 17
17. Движение в периодическом канале и проблема устойчивости.	0	4	12, 14, 16, 17, 3
18. Уравнения Хилла, функции Флоке и построение огибающих потока.	0	4	12, 14, 16, 17, 3
19. Согласование эмиттанса пучка и аксептанса канала.	0	3	12, 14, 16, 17, 3
Дидактическая единица: Динамика интенсивных пучков			
20. Основные эффекты объемного заряда и соотношение подобия.	0	3	13
21. Расширение потока под действием сил пространственного заряда.	0	3	13, 7
22. Распределение потенциала в потоке и предельный ток ("виртуальный" катод).	0	3	10, 13, 7
23. Формирование потоков магнитным полем; поток Бриллюэна.	0	3	13, 4, 7
Дидактическая единица: Начальное формирование интенсивных пучков			
24. Начальное формирование электронных потоков электростатическим полем. Оптика Пирса.	0	3	13, 4, 7
25. Начальное формирование потоков ионов.	0	2	13, 4, 7
Дидактическая единица: Динамика интенсивных пучков с конечным эмиттансом			
26. Поток частиц высокой интенсивности в периодическом канале.	0	2	13, 16, 19, 3
Дидактическая единица: Свойства реальных потоков заряженных частиц			
27. Свойства реальных потоков и методы их исследования.	0	2	13, 17

Таблица 3.2

Темы практических занятий	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 5				
Дидактическая единица: Динамика одиночной заряженной частицы				
4. Движение в слабонеоднородном магнитном поле. Понятие об адиабатическом инварианте. Ловушка Будкера.	3	3	1, 11	

6. Движение в однородных полях.	2	2	1, 11, 15	
Дидактическая единица: Аксиально-симметричные линзы				
1. Электростатические линзы и зеркала.	3	3	11, 15, 2, 7, 8	
2. Магнитные линзы.	3	3	11, 15, 2, 5, 8, 9	
5. Случай аксиально-симметричного поля.	3	3	11, 15, 2, 8, 9	
Дидактическая единица: Линзы с поперечным полем				
3. Принцип сильной фокусировки и квадрупольные линзы.	2	4	15, 6, 8, 9	

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 5				
1	Контрольные работы	1, 11, 12, 13, 14, 17, 18, 4, 5, 6, 7	2	0
: Детлаф А. А. Курс физики : учебное пособие для втузов / А. А. Детлаф, Б. М. Яворский. - М., 2007. - 719, [1] с. : ил.				
2	Подготовка к занятиям	1, 10, 15, 16, 19, 2, 3, 8, 9	24	4
: Детлаф А. А. Курс физики : учебное пособие для втузов / А. А. Детлаф, Б. М. Яворский. - М., 2007. - 719, [1] с. : ил.				
3	Подготовка к аттестации	1, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	20	2
: Детлаф А. А. Курс физики : учебное пособие для втузов / А. А. Детлаф, Б. М. Яворский. - М., 2007. - 719, [1] с. : ил.				
Семестр: 6				
1	Контрольные работы	1, 11, 12, 13, 14, 17, 18, 4, 5, 6, 7	2	0
: Детлаф А. А. Курс физики : учебное пособие для втузов / А. А. Детлаф, Б. М. Яворский. - М., 2007. - 719, [1] с. : ил.				
2	Курсовая работа	1, 10, 19, 8, 9	40	6
: Детлаф А. А. Курс физики : учебное пособие для втузов / А. А. Детлаф, Б. М. Яворский. - М., 2007. - 719, [1] с. : ил.				
3	Подготовка к занятиям	1, 10, 15, 16, 19, 2, 3, 8, 9	10	0
: Детлаф А. А. Курс физики : учебное пособие для втузов / А. А. Детлаф, Б. М. Яворский. - М., 2007. - 719, [1] с. : ил.				
4	Подготовка к аттестации	10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	10	2
: Детлаф А. А. Курс физики : учебное пособие для втузов / А. А. Детлаф, Б. М. Яворский. - М., 2007. - 719, [1] с. : ил.				

5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	Портал НГТУ
Консультирование	Портал НГТУ
Контроль	Портал НГТУ
Размещение учебных материалов	Портал НГТУ

6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Максимальный балл
Семестр: 5	
<i>Контрольные работы:</i>	80
<i>Зачет:</i>	20
Контролирующие материалы - список вопросов	
Семестр: 6	
<i>Контрольные работы:</i>	60
<i>Курсовая работа:</i>	100
Контролирующие материалы - Темы курсовых работ	
<i>Экзамен:</i>	40
Контролирующие материалы - список вопросов	

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы контроля		
		Контр. раб.	Защита КП/КР	Экзамен
ОПК.2	у1. уметь использовать математический аппарат для освоения теоретических основ и практического использования физических методов	+	+	+
ОПК.3	з3. знать основные законы физики, являющиеся базовыми для решения задач профессиональной деятельности	+	+	+
	у1. уметь пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями физики	+	+	+
ОПК.4	у1. уметь понимать, излагать и критически анализировать базовую общефизическую информацию	+		+

	у2. уметь использовать информационные технологии для решения физических задач	+		+
ПК.1	з7. знать базовые знания по теории движения частиц в циклических ускорителях.	+	+	+

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

7. Литература

Основная литература

1. Иванов А. В. Динамика заряженных частиц и интенсивных пучков в стационарных полях : учебное пособие / А. В. Иванов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2011. - 209, [1] с. : ил. - Режим доступа: http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2011/11_ivanov.pdf

Дополнительная литература

1. Голдстейн Г. Классическая механика : пер. с англ. / Г. Голдстейн. - М., 1975. - 415 с.
2. Кельман В. М. Электронная оптика / В. М. Кельман, С. Я. Явор ; Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе. - Л., 1968. - 486, [1] с. : ил., табл., схемы
3. Арцимович Л. А. Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях : учебное пособие для физических специальностей вузов / Л. А. Арцимович, С. Ю. Лукьянов. - М., 1978. - 223, [1] с. : ил., табл., схемы
4. Капчинский И. М. Теория линейных резонансных ускорителей. Динамика частиц / И. М. Капчинский. - М., 1982. - 238, [1] с. : ил.
5. Алямовский И. В. Электронные пучки и электронные пушки. - М., 1966. - 456, [] с.
6. Габович М. Д. Физика и техника плазменных источников ионов / М. Д. Габович. - М., 1972. - 303, [1] с. : табл., схемы

Интернет-ресурсы

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znaniy.com" : <http://znaniy.com/>
5. :

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

1. Детлаф А. А. Курс физики : учебное пособие для вузов / А. А. Детлаф, Б. М. Яворский. - М., 2007. - 719, [1] с. : ил.

8.2 Специализированное программное обеспечение

1 MATLAB

9. Материально-техническое обеспечение

Презентационное оборудование

№	Наименование	Назначение
1	Презентационное оборудование (мультимедиа-проектор, экран, компьютер для управления)	Для проведения лекционных и практических занятий

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра электрофизических установок и ускорителей

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФТФ
к.ф.-м.н., доцент И.И. Корель
“ ” _____ Г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Электродинамика заряженных частиц

Образовательная программа: 03.03.02 Физика, профиль: Ядерная физика и ядерные технологии

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Электродинамика заряженных частиц приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ОПК.2 способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей	у1. уметь использовать математический аппарат для освоения теоретических основ и практического использования физических методов	Абберации линз с аксиальной симметрией. Аксиально-симметричная линза с сильной фокусировкой (линза Будкера). Движение в периодическом канале и проблема устойчивости. Линзы с числом пар полюсов больше двух. Магнитные линзы. Начальное формирование потоков ионов. Начальное формирование электронных потоков электростатическим полем. Оптика Пирса. Принцип сильной фокусировки и квадрупольные линзы. Распределение потенциала в потоке и предельный ток ("виртуальный" катод). Расширение потока под действием сил пространственного заряда. Случай аксиально-симметричного поля. Уравнения Хилла, функции Флоке и построение огибающих потока. Формирование потоков магнитным полем; поток Бриллюэна. Электростатические линзы и зеркала.	Контрольные работы 5 и 6 семестра, Курсовая работа 6 семестра.	Зачет (5 семестр) вопросы 1-8, экзамен (6 семестр) вопросы теста 1-3.
ОПК.3 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	з3. знать основные законы физики, являющиеся базовыми для решения задач профессиональной деятельности	Движение в однородных полях. Движение в периодическом канале и проблема устойчивости. Движение в слабонеоднородном магнитном поле. Понятие об адиабатическом инварианте. Ловушка Будкера. Магнитные линзы. Некоторые теоремы теории поля. Дельта-функция Дирака и фундаментальные гармонические функции. Основные уравнения электромагнитного поля. Скалярный и векторный потенциалы, уравнение Пуассона. Основные эффекты объемного заряда и соотношение подобия.	Контрольные работы 5 и 6 семестра. Курсовая работа 6 семестра.	Зачет (5 семестр) вопросы 1-12, экзамен (6 семестр) вопросы теста 5 - 10.

		Принцип наименьшего действия и основные уравнения движения. Расширение потока под действием сил пространственного заряда. Свойства реальных потоков и методы их исследования. Случай аксиально-симметричного поля. Согласование эмиттанса пучка и аксептанса канала. Теорема Лиувилля и поперечный фазовый объем пучка. Понятие эмиттанса пучка и аксептанса канала. Уравнения Хилла, функции Флоке и построение огибающих потока. Электростатические линзы и зеркала.		
ОПК.3	у1. уметь пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями физики	Движение в однородных полях. Движение в периодическом канале и проблема устойчивости. Движение в слабонеоднородном магнитном поле. Понятие об адиабатическом инварианте. Ловушка Будкера. Магнитные линзы. Принцип сильной фокусировки и квадрупольные линзы. Случай аксиально-симметричного поля. Согласование эмиттанса пучка и аксептанса канала. Уравнения Хилла, функции Флоке и построение огибающих потока. Электростатические линзы и зеркала.	Контрольные работы 5 и 6 семестра. Курсовая работа 6 семестра.	Зачет (5 семестр) вопросы 1-12, экзамен (6 семестр) вопросы теста 5 - 7.
ОПК.4 способность понимать сущность и значение информации в развитии современного общества, осознавать опасность и угрозу, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности	у1. уметь понимать, излагать и критически анализировать базовую общефизическую информацию	Принцип наименьшего действия и основные уравнения движения. Согласование эмиттанса пучка и аксептанса канала. Теорема Лиувилля и поперечный фазовый объем пучка. Понятие эмиттанса пучка и аксептанса канала. Электронно-оптическая аналогия.	Контрольные работы 5 и 6 семестра.	Зачет (5 семестр) вопросы 1, 4, 11. Экзамен (6 семестр) вопросы теста 8 - 9.
ОПК.4	у2. уметь использовать информационные технологии для решения физических задач	Моделирование полей; метод сеток, конечных элементов; граничных элементов. Поток частиц высокой интенсивности в периодическом канале.	Контрольные работы 5 и 6 семестра.	Зачет (5 семестр) вопрос 1. Экзамен (6 семестр) вопрос теста 10.

ПК.1/НИ способность использовать специализированн е знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	37. знать базовые знания по теории движения частиц в циклических ускорителях.	Движение в однородных полях. Движение в слабонеоднородном магнитном поле. Понятие об адиабатическом инварианте. Ловушка Будкера.	Контрольные работы 5 и 6 семестра.	Зачет (5 семестр) вопрос 1. Экзамен (6 семестр) вопрос теста 17, 9.
---	---	---	--	--

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по **дисциплине** проводится в 5 семестре - в форме зачета, в 6 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.2, ОПК.3, ОПК.4, ПК.1/НИ.

Зачет проводится в письменной форме, по билетам. В билет входят теоретический вопрос по изученным темам и задача.

Экзамен проводится в письменной форме по тестам. В состав теста входят 10 вопросов.

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 6 семестре обязательным этапом текущей аттестации являются контрольная работа, курсовая работа. Требования к выполнению контрольной работы, курсовой работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте контрольной работы, курсовой работы.

В 5 семестре обязательным этапом текущей аттестации является контрольная работа. Требования к выполнению контрольной работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте контрольной работы.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ОПК.2, ОПК.3, ОПК.4, ПК.1/НИ, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным

материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра электрофизических установок и ускорителей

Паспорт зачета

по дисциплине «Электродинамика заряженных частиц», 5 семестр

1. Методика оценки

Зачет проводится в письменной форме, по билетам. В билет входят теоретический вопрос по изученным темам (список вопросов приведен ниже) и задача.

Форма билета для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет ФТФ

Билет № 1

к зачету по дисциплине «Электродинамика заряженных частиц»

1. Основные свойства аксиально-симметричных электростатических линз.
2. Задача. В кольцевом ускорителе LEP с периметром 27 км электроны и позитроны ускорялись до энергии 100 ГэВ. Определить величину магнитного поля, которое необходимо для удержания частиц. Сравнить его с магнитным полем ускорителя LHC, построенного в том же туннеле, который ускоряет протоны до энергии 7 ТэВ.

Утверждаю: зав. кафедрой ЭФУиУ _____ профессор, Бурдаков А.В.
(подпись) (дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на билет для зачета считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопрос не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, *оценка составляет менее 5 баллов.*
- Ответ на билет для зачета засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопрос дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает непринципиальные ошибки, например, вычислительные, *оценка составляет от 6 до 10 баллов.*
- Ответ на билет для зачета засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопрос формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении задачи, *оценка составляет от 11 до 15 баллов.*

- Ответ на билет для зачета засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет от 16 до 20 баллов.

3. Шкала оценки

Зачет считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета оставляет не менее 10 баллов (из 20 возможных).

4. Вопросы к зачету по дисциплине «Электродинамика заряженных частиц»

1. Вывод и анализ уравнений движения заряженной частицы во внешнем поле (в векторном виде и в различных системах координат).
2. Основные свойства аксиально-симметричных электростатических линз.
3. Движение электрона в однородных электрическом и магнитном полях.
4. Электронно-оптическая аналогия.
5. Основные свойства аксиально-симметричного магнитного поля.
6. Основные свойства аксиально-симметричного электростатического поля.
7. Теорема Буша и ее применение.
8. Основные свойства аксиально-симметричных магнитных линз.
9. Основные свойства квадрупольных линз.
10. Квадрупольный дуплет и его характеристики.
11. Движение электрона в слабо неоднородном магнитном поле. Адиабатический инвариант.
12. Магнитные линзы с азимутальным полем.

Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Электродинамика заряженных частиц», 5 семестр

1. Методика оценки

Контрольная работа выполняется письменно, включает в себя 5 заданий, проводится по темам:

- Некоторые теоремы теории поля.
- Основные уравнения электромагнитного поля.
- Принцип наименьшего действия и основные уравнения движения.
- Движение в слабонеоднородном магнитном поле. Понятие об адиабатическом инварианте.
- Электростатические линзы и зеркала.
- Магнитные линзы.
- Принцип сильной фокусировки и квадрупольные линзы.
- Линзы с числом пар полюсов больше двух.

2. Критерии оценки

Каждое задание оценивается максимально в 16 баллов. Оценка за контрольную является суммой оценок за каждое задание.

Контрольная работа считается **невыполненной**, если ответы студента не полные, пробелы могут носить существенный характер, численные ответы не получены или получены с существенными ошибками, *оценка составляет менее 20 баллов*.

Работа выполнена на **пороговом** уровне, если ответы студента недостаточно полные, но пробелы не носят существенного характера, численные ответы получены с незначительными ошибками, *оценка составляет от 21 до 40 баллов*.

Работа выполнена на **базовом** уровне, если ответы студента достаточно полные, но не всегда сформулированы достаточно точно, некоторые численные ответы могут содержать незначительные ошибки, *оценка составляет от 41 до 60 баллов*.

Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если ответы студента полные, и все формулировки даны точно, численные ответы получены верно, *оценка составляет от 61 до 80 баллов*.

3. Шкала оценки

Выполнение контрольной работы на оценку не ниже 50 баллов (из 100 возможных) является обязательным условием допуска к зачету по дисциплине.

4. Пример варианта контрольной работы

1. Пусть в плоскости $z = 0$ лежит диск радиуса R , потенциал которого $U = U_0 = \text{const}$, потенциал остальной части этой плоскости $U = 0$. Найти потенциал вдоль оси диска.
2. Определить максимальное время жизни пучка электронов в тороидальном соленоиде радиусом $R = 1$ м, создающем поле на оси $B_0 = 10$ кГс. Радиус вакуумной трубы $r_0 = 1$ см. Энергия электронов $W = 100$ кэВ. Сколько оборотов успеют сделать частицы?

3. Найти матрицу преобразования тонкой иммерсионной линзы, если известны фокусные расстояния – f_1 и f_2 .
4. Через катушку с числом витков $N = 10$ пропускается ток $I = 50$ А. Приблизённо катушка представляет собой тонкий виток с радиусом $r_0 = 10$ см. Найти фокусное расстояние для пролетающих сквозь неё электронов с кинетической энергией $W = 50$ кэВ.
5. Рассчитать градиент поля идеальной магнитной квадрупольной линзы, если известно, что расстояние между двумя противоположными полюсами равно $2d$. Ток в обмотках I , число обмоток N .

Паспорт экзамена

по дисциплине «Электродинамика заряженных частиц», 6 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в письменной форме, по тестам. Тест состоит из 10 вопросов.

Пример теста для экзамена

- Сформулируйте принцип наименьшего действия.
- Что является адиабатическим инвариантом движения заряженной частицы в магнитном поле:
 - $p_{\parallel}^2 B \approx \text{const}$;
 - $p_{\perp}^2 B \approx \text{const}$;
 - $p_{\perp}^2 / B \approx \text{const}$.
- Теорема Буша гласит, что при движении заряженной частицы
 - в плоскопараллельном поле ее импульс не изменяется;
 - в аксиально-симметричном поле существует интеграл движения, связывающий ее момент импульса и поток магнитного поля;
 - в аксиально-симметричном поле существует интеграл движения, связывающий ее импульс и поток электрического поля.
- Фокусирующее действие тонкой электростатической линзы основано на том, что
 - электрическое поле всегда направлено к оси;
 - электрическое поле всегда направлено от оси;
 - частица в фокусирующем поле проводит больше времени, чем в дефокусирующем.
- Квадрупольная линза:
 - фокусирует по обоим поперечным направлениям;
 - дефокусирует по обоим поперечным направлениям;
 - фокусирует по одному поперечному направлению и дефокусирует по другому.
- Напишите уравнения Гамильтона.
- Эмиттанс это
 - деленный на π объем пучка в фазовом пространстве;
 - деленная на π площадь, занимаемая пучком на плоскости x и P_x ;
 - деленная на π площадь, занимаемая пучком на плоскости x и x' .
- Первеанс это
 - IU ;
 - I/U ;

с. $I/U^{3/2}$.

9. Какими свойствами обладает функция Флоке:
- она является периодической;
 - ее модуль – периодическая функция, а фаза увеличивается на μ при сдвиге на период;
 - ее фаза – периодическая функция, а модуль увеличивается на μ при сдвиге на период.
10. Угол Пирса равен
- 90° ;
 - 67.5° ;
 - 45° .

2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный тест считается **неудовлетворительным**, если студент ответил верно менее чем на 4 вопроса теста, оценка составляет *менее 10 баллов*.
- Ответ на экзаменационный тест засчитывается на **пороговом** уровне, если студент ответил верно на 6 вопросов теста, оценка составляет *от 11 до 20 баллов*.
- Ответ на экзаменационный тест засчитывается на **базовом** уровне, если студент ответил верно на 8 вопросов теста, оценка составляет *от 21 до 30 баллов*.
- Ответ на экзаменационный тест засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент ответил верно на 10 вопросов теста, оценка составляет *от 31 до 40 баллов*.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Электродинамика заряженных частиц»

1. Сформулируйте принцип наименьшего действия.
2. Что является адиабатическим инвариантом движения заряженной частицы в магнитном поле:
3. Теорема Буша гласит, что при движении заряженной частицы
4. Фокусирующее действие тонкой электростатической линзы основано на том, что:
5. Квадрупольная линза:
6. Напишите уравнения Гамильтона.
7. Эмиттанс это
8. Первеанс это
9. Какими свойствами обладает функция Флоке:
10. Угол Пирса равен
11. Напишите уравнения Эйлера-Лагранжа.
12. Дрейф частицы в слабо неоднородном магнитном поле это
13. Параксиальные уравнения движения это:
14. Тонкая аксиально-симметричная магнитная линза:
15. Дуплеты квадрупольных линз применяются
16. Сформулируйте теорему Лиувилля.
17. Теорема Флоке гласит, что:
18. По какой формуле определяется среднеквадратичный эмиттанс:

19. Виртуальный катод это
20. Сферическая пушка Пирса представляет собой

Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Электродинамика заряженных частиц», 6 семестр

1. Методика оценки

Контрольная работа выполняется письменно, включает в себя 5 заданий, проводится по темам:

- Теорема Лиувилля и поперечный фазовый объем пучка. Понятие эмиттанса пучка и аксептанса канала.
- Движение в периодическом канале и проблема устойчивости.
- Уравнения Хилла, функции Флоке и построение огибающих потока.
- Согласование эмиттанса пучка и аксептанса канала.
- Основные эффекты объемного заряда и соотношение подобия.
- Расширение потока под действием сил пространственного заряда.
- Распределение потенциала в потоке и предельный ток ("виртуальный" катод).
- Начальное формирование электронных потоков электростатическим полем. Оптика Пирса.

2. Критерии оценки

Каждое задание оценивается максимально в 12 баллов. Оценка за контрольную является суммой оценок за каждое задание.

Контрольная работа считается **невыполненной**, если ответы студента не полные, пробелы могут носить существенный характер, численные ответы не получены или получены с существенными ошибками, *оценка составляет менее 15 баллов*.

Работа выполнена на **пороговом** уровне, если ответы студента недостаточно полные, но пробелы не носят существенного характера, численные ответы получены с незначительными ошибками, *оценка составляет от 16 до 30 баллов*.

Работа выполнена на **базовом** уровне, если ответы студента достаточно полные, но не всегда сформулированы достаточно точно, некоторые численные ответы могут содержать незначительные ошибки, *оценка составляет от 31 до 45 баллов*.

Работа считается выполненной на **продвинутом** уровне, если ответы студента полные, и все формулировки даны точно, численные ответы получены верно, *оценка составляет от 46 до 60 баллов*.

3. Шкала оценки

Выполнение контрольной работы на оценку не ниже 30 баллов (из 60 возможных) является обязательным условием допуска к экзамену по дисциплине.

4. Пример варианта контрольной работы

1. Пусть пучок имеет на фазовой плоскости гауссово распределение с параметрами α , β , γ , и ε . Доказать, что нормировочный множитель равен $A = \frac{1}{2\pi\varepsilon}$. Найти распределение плотности $\rho(x)$. Найти, какая часть пучка проходит через щелевую диафрагму шириной $2\sqrt{\varepsilon\beta}$.

2. На расстоянии z_0 от кроссовера пучка с эмиттансом $\varepsilon \neq 0$ расположена фокусирующая линза. Найти такое её фокусное расстояние, чтобы огибающая пучка сразу после линзы была параллельна оси z . В кроссовере пучок имеет размер $2x_0$, на фазовой плоскости он образует эллипс.
3. Показать, что след матрицы перехода на один период $M(z | z + S_0)$ не зависит от z .
4. Вывести приближенную формулу для предельного тока релятивистского пучка в круглой вакуумной камере. Известны радиусы пучка и камеры, потенциал камеры. Считать, что расплывание пучка полностью подавлено большим продольным магнитным полем. Указание: вывести эту формулу относительно γ_0 – релятивистского фактора, соответствующего потенциалу камеры. Считая, что потенциал (и, соответственно, релятивистский фактор) в пучке возрастает по радиусу квадратично, выразите ток пучка через γ на оси и найдите максимум этой функции.
5. Найти время пролёта эмитированного электрона в плоском диоде от катода до анода. Расстояние между катодом и анодом d , разность потенциалов U_0 . Начальной тепловой скоростью пренебречь. Сравнить со случаем плоского конденсатора.

Паспорт курсовой работы

по дисциплине «Электродинамика заряженных частиц», 6 семестр

1. Методика оценки.

Задание на выполнение курсовой работы представляет собой исследовательскую работу по предложенным на выбор темам:

- Абберации линз с аксиальной симметрией.
- Движение в слабонеоднородном магнитном поле. Понятие об адиабатическом инварианте.
- Движение в периодическом канале и проблема устойчивости.
- Согласование эмиттанса пучка и аксептанса канала.

Структура курсовой работы должна включать:

- введение (*во введении приводится обоснование актуальности темы, цели и задачи*);
- теоретическую часть;
- практическую часть;
- заключение (*в заключении приводятся основные выводы*).

Рекомендуются следующие этапы выполнения и защиты курсовой работы:

- глубокое ознакомление с заданной темой, изучение дополнительной литературы;
- полное выполнение необходимых теоретических выкладок;
- практическое исследование заданной темы, как правило, при помощи программы MathCAD или программы, написанной самостоятельно в какой-либо среде программирования;
- формирование итогов работы;
- оформление курсовой работы и ее защита.

В ходе защиты курсовой работы оцениваются полнота исследования предложенной темы, правильность теоретических выкладок и численных расчетов, корректность сделанных заключений.

2. Критерии оценки.

- Работа считается **не выполненной**, если курсовая работа не оформлена или отсутствуют необходимые структурные части, *оценка составляет от 0 до 49 баллов*.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если разделы курсовой работы не осязаны в полном объеме, нарушена композиционная связь, имеются ошибки в результатах практического исследования, *оценка составляет от 50 до 72 баллов*.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если разделы курсовой работы осязаны в полном объеме, но с небольшими неточностями, которые носят не существенный характер, *оценка составляет от 73 до 86 баллов*.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если разделы курсовой работы осязаны в полном объеме, результаты практического исследования и заключение являются исчерпывающими, к стилю изложений не было высказано замечаний, *оценка составляет от 87 до 100 баллов*.

3. Шкала оценки.

Выполнение курсовой работы на оценку не ниже 50 баллов (из 100 возможных) является

обязательным условием допуска к экзамену по дисциплине.

4. Примерный перечень тем курсовой работы.

1. Исследование влияния нелинейных эффектов на динамику пучка заряженных частиц в ФО канале.
2. Исследование и оптимизация динамики протонного пучка в периодическом квадрупольном канале.
3. Рассмотрение движения заряженной частицы в неоднородном азимутальном магнитном поле.
4. Уравнение Матье и функции Флоке.
5. Исследование сферической аберрации в магнитных линзах.

5. Перечень вопросов к защите курсовой работы .

Список вопросов подготовлен для темы номер 1 в предыдущем списке:

1. Обоснуйте выбор метода учета нелинейности оптической системы.
2. Опишите получение бета-функции в идеальном канале.
3. Как должен соотноситься максимально достижимый среднеквадратичный эмиттанс с эффективным эмиттансом?
4. Что будет при усилении нелинейности?
5. В каких установках наблюдаются изученные эффекты?