

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
Специальные главы физики ускорителей

Образовательная программа: 03.04.02 Физика, магистерская программа: Экспериментальная физика

Курс: 1, семестр : 1

Физико-технический факультет,

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

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 03.04.02 Физика

ФГОС введен в действие приказом №913 от 28.08.2015 г. , дата утверждения: 23.09.2015 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, вариативная

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 03.04.02 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:

профессор, д.ф-м.н. Левичев Е. Б.

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.3 способность к активной социальной мобильности, организации научно-исследовательских и инновационных работ; в части следующих результатов обучения:
з1. знать основы методологии научного познания при изучении различных уровней организации материи, пространства и времени
Компетенция ФГОС: ОПК.6 способность использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе; в части следующих результатов обучения:
з3. понимать современные проблемы физики и использовать фундаментальные физические представления в сфере профессиональной деятельности
у4. иметь навыки практического использования методов физики для решения практических задач
Компетенция ФГОС: ПК.1 способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта; в части следующих результатов обучения:
у2. уметь решать конкретные задачи с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта

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>Специальные главы физики ускорителей</i>	
ПК.1.у2 уметь решать конкретные задачи с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта	
1. Расчет оптических функций канала транспортировки пучка заряженных частиц.	Лекции; Самостоятельная работа
ОПК.3.з1 знать основы методологии научного познания при изучении различных уровней организации материи, пространства и времени	
2. Критерий устойчивости поперечного движения частицы в произвольной магнитной структуре.	Лекции; Самостоятельная работа
3. Оптические функции циклического ускорителя. Выбор рабочей точки на диаграмме частот. Влияние погрешностей магнитных элементов на параметры ускорителя.	Лекции; Самостоятельная работа
4. Расчет коэффициента уплотнения орбит, частоты малых синхротронных колебаний, энергетического акцептанса ускорителя.	Лекции; Самостоятельная работа
5. Декременты и времена затухания из-за синхротронного излучения. Учет квантовых флуктуаций, оценка фазового объема пучка и его размеров.	Лекции; Самостоятельная работа
6. Время стохастического и электронного охлаждения пучка тяжелых частиц.	Лекции; Самостоятельная работа
7. Эффективность инжекции пучка частиц в циклический ускоритель.	Лекции; Самостоятельная работа
8. Когерентный сдвиг бетатронных частот из-за пространственного заряда пучка. Влияние фактора нейтрализации из-за накопления ионов в электронном пучке.	Лекции; Самостоятельная работа
ОПК.6.з3 понимать современные проблемы физики и использовать фундаментальные физические представления в сфере профессиональной деятельности	
9. История развития ускорителей заряженных частиц.	Лекции; Самостоятельная работа
10. Применение ускорителей в области физики заряженных частиц и технологии.	Лекции; Самостоятельная работа

ОПК.6.у4 иметь навыки практического использования методов физики для решения практических задач	
11. Навыки практического решения задач в области ускорителей заряженных частиц	Лекции; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 1				
Дидактическая единица: Основные типы ускорителей				
1. История развития ускорителей заряженных частиц. Их применение в области физики заряженных частиц и технологии.	0	2	10, 9	
9. Линейные ускорители: Кокрофта-Уолтона, генератор Ван де Графа, индукционный и высокочастотный ускоритель.	1	4	9	
Дидактическая единица: Поперечное движение частицы				
3. Адиабатическое затухание бетатронных колебаний. Малые погрешности магнитного поля: искажение замкнутой орбиты, сдвиг бетатронной частоты. Хроматизм. Понятие о связи бетатронных колебаний и нелинейных резонансах.	0	4	2, 3	
Дидактическая единица: Продольное движение частицы				
4. Зависимость параметров бетатронных колебаний от энергии частицы. Коэффициент уплотнения орбит. Критическая энергия.	0	4	4	
Дидактическая единица: Излучение заряженной частицы				
5. Квантовая раскачка колебаний. Распределение плотности пучка частиц. Понятие фазового объема (эмиттанса) и размеров пучка. Апертурные ограничения и время жизни пучка.	0	4	11, 5	
Дидактическая единица: Охлаждение пучков тяжелых частиц				
6. Основные понятия охлаждения пучков частиц. Стохастическое охлаждение. Электронное охлаждение.	0	4	6	
Дидактическая единица: Пространственный заряд				
7. Влияние пространственного заряда. Когерентный сдвиг бетатронной частоты. Накопление ионов, фактор нейтрализации. Понятие о когерентных эффектах.	0	4	8	

Дидактическая единица: Инжекция и выпуск				
8. Транспортировка заряженных частиц, каналы транспортировки, оптические функции канала транспортировки. Согласование оптических функций канала транспортировки. Выпуск пучка (одно- и многооборотный). Выпуск пучка на резонансе.	0	4	11, 7	
Дидактическая единица: Фокусировка заряженных частиц				
2. Слабая и сильная фокусировка, фокусировка однородным полем, магнитной линзой, соленоидом, краевым полем. Понятие о бетатронных колебаниях.	0	6	1, 2, 3	

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 1				
1	Подготовка к занятиям	1, 10, 11, 9	40	6
: Лебедев А. Н. Основы физики и техники ускорителей. (В 3 т.). Т. 3. Линейные ускорители : учебное пособие для физических специальностей вузов / А. Н. Лебедев, А. В. Шальнов. - М., 1983. - 199 с. : ил.				
2	Подготовка к аттестации	10, 11, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	22	2
: Лебедев А. Н. Основы физики и техники ускорителей. (В 3 т.). Т. 3. Линейные ускорители : учебное пособие для физических специальностей вузов / А. Н. Лебедев, А. В. Шальнов. - М., 1983. - 199 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
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: 1	

Экзамен:	100
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
		Экзамен
ОПК.3	з1. знать основы методологии научного познания при изучении различных уровней организации материи, пространства и времени	+
ОПК.6	з3. понимать современные проблемы физики и использовать фундаментальные физические представления в сфере профессиональной деятельности	+
	у4. иметь навыки практического использования методов физики для решения практических задач	+
ПК.1	у2. уметь решать конкретные задачи с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта	+

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

7. Литература

Основная литература

1. Левичев Е. Б. Лекции по нелинейной динамике частиц в циклическом ускорителе : [учебное пособие] / Е. Б. Левичев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2009. - 222 с. : ил. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2009/lev.rar>. - Парал. тит. л. англ..

Дополнительная литература

1. Ливингуд Д. Принципы работы циклических ускорителей : пер. с англ. / Дж. Ливингуд ; под ред. В. И. Данилова. - М., 1963. - 493 с. : ил.
2. Коломенский А. А. Теория циклических ускорителей / А. А. Коломенский, А. Н. Лебедев. - М., 1962. - 352 с. : ил.
3. Капчинский И. М. Динамика частиц в линейных резонансных ускорителях / И. М. Капчинский. - М., 1966. - 309, [1] с. : ил.

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. 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://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000154505
2. Лебедев А. Н. Основы физики и техники ускорителей. (В 3 т.). Т. 3. Линейные ускорители : учебное пособие для физических специальностей вузов / А. Н. Лебедев, А. В. Шальнов. - М., 1983. - 199 с. : ил.

8.2 Специализированное программное обеспечение

- 1 Microsoft Office
- 2 Microsoft Office
- 3 Microsoft Windows

9. Материально-техническое обеспечение

Презентационное оборудование

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

Специальные главы физики ускорителей

Образовательная программа: 03.04.02 Физика, магистерская программа: Экспериментальная физика

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Специальные главы физики ускорителей 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.3/ОУ способность к активной социальной мобильности, организации научно-исследовательских и инновационных работ	з1. знать основы методологии научного познания при изучении различных уровней организации материи, пространства и времени	Адиабатическое затухание бетатронных колебаний. Малые погрешности магнитного поля: искажение замкнутой орбиты, сдвиг бетатронной частоты. Хроматизм. Понятие о связи бетатронных колебаний и нелинейных резонансах. Влияние пространственного заряда. Когерентный сдвиг бетатронной частоты. Накопление ионов, фактор нейтрализации. Понятие о когерентных эффектах. Зависимость параметров бетатронных колебаний от энергии частицы. Коэффициент уплотнения орбит. Критическая энергия. Квантовая раскачка колебаний. Распределение плотности пучка частиц. Понятие фазового объема (эммиттанса) и размеров пучка. Апертурные ограничения и время жизни пучка. Основные понятия охлаждения пучков частиц. Стохастическое охлаждение. Электронное охлаждение. Слабая и сильная фокусировка, фокусировка однородным полем, магнитной линзой, соленоидом, краевым полем. Понятие о бетатронных колебаниях. Транспортировка заряженных частиц, каналы транспортировки, оптические функции канала транспортировки. Согласование оптических функций канала транспортировки. Выпуск пучка (одно- и многооборотный). Выпуск пучка на резонансе.		Экзамен, вопросы теста 1 – 10.
ОПК.6/НИС способность использовать знания современных проблем и	з3. понимать современные проблемы физики и использовать фундаментальные физические	История развития ускорителей заряженных частиц. Их применение в области физики заряженных частиц и технологии. Линейные ускорители:		Экзамен, вопросы теста 5 – 7.

новейших достижений физики в научно-исследовательской работе	представления в сфере профессиональной деятельности	Кокрофта-Уолтона, генератор Ван де Графа, индукционный и высокочастотный ускоритель.		
ОПК.6/НИС	у4. иметь навыки практического использования методов физики для решения практических задач	Квантовая раскачка колебаний. Распределение плотности пучка частиц. Понятие фазового объема (эмиттанса) и размеров пучка. Апертурные ограничения и время жизни пучка. Транспортировка заряженных частиц, каналы транспортировки, оптические функции канала транспортировки. Согласование оптических функций канала транспортировки. Выпуск пучка (одно- и многооборотный). Выпуск пучка на резонансе.		Экзамен, вопросы теста 3 - 4
ПК.1/НИС способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта	у1. уметь решать конкретные задачи с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта	Слабая и сильная фокусировка, фокусировка однородным полем, магнитной линзой, соленоидом, краевым полем. Понятие о бетатронных колебаниях.		Экзамен, вопросы теста 1 – 2.

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 1 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.3/ОУ, ОПК.6/НИС, ПК.1/НИС.

Экзамен проводится в форме письменного тестирования.

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

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.3/ОУ, ОПК.6/НИС, ПК.1/НИС, 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.

Паспорт экзамена

по дисциплине «Специальные главы физики ускорителей», 1 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в письменной форме, по тестам. Тест включает в себя 10 вопросов с вариантами ответа. В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Пример теста для экзамена

1 вопрос. Если ротор векторного поля равен нулю в каждой точке какой-либо области пространства, то такое поле называют:

1. Безвихревым
2. Соленоидальным
3. Векторным

2 вопрос. если дивергенция и ротор векторного поля A определены в каждой точке конечной области пространства V , ограниченной регулярной поверхностью, то всюду в V поле A может быть представлено в виде суммы безвихревого и соленоидального полей. Это утверждение носит название разложения:

1. Пуассона
2. Гельмгольца
3. Твисса

3 вопрос. В какой модели применяется аппроксимация искомой непрерывной функции совокупностью приближенных значений, рассчитываемых в некоторых точках области – узлах.

1. Модель сеток
2. Модель конечных разностей
3. Модель узловых потенциалов

4 вопрос. Равномерное движение ведущего центра ларморовского вращения, вызванное действием электрического поля, называется

1. Магнитным дрейфом
2. Электрическим дрейфом
3. Центробежным дрейфом

5 вопрос. дрейф, вызванный изменением магнитного поля только по абсолютной величине, называется:

1. Электрическим

2. Центробежным
3. Градиентным

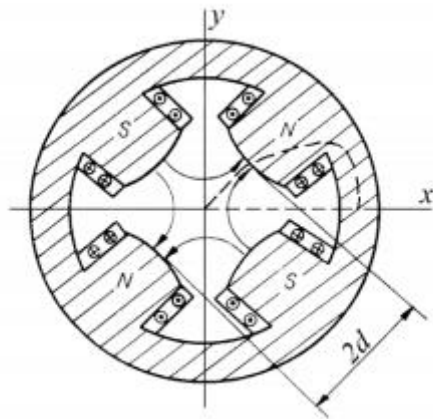
6 вопрос. При движении заряженной частицы в аксиально-симметричных полях существует интеграл движения, связывающий её угловой момент с потоком магнитного поля через поперечное сечение поверхности, образованное вращением траектории частицы вокруг оси. Это выражение является

1. Теоремой Буша
2. Инвариантом Гамильтона
3. Преобразованием Лапласа

7 вопрос. У какой линзы потенциалы справа и слева постоянны и равны между собой.

1. Иммерсионная
2. Одиночная

8 вопрос. Что изображено на рисунке?



1. Схема квадрупольной магнитной линзы.
2. Схема дипольной магнитной линзы
3. Разрез постоянного магнита.

9 вопрос. Делённая на π площадь, занимаемая пучком на фазовой плоскости, называется:

1. Эмиттанс
2. Аксептанс

10 вопрос. Как называется эмиттанс, соответствующий площади описанного эллипса Флоке.

1. Нормализованный
2. Эффективный

2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный тест считается **неудовлетворительным**, если студент верно ответил на 4 и менее вопроса теста, оценка составляет *25 баллов*.

- Ответ на экзаменационный тест засчитывается на **пороговом** уровне, если студент верно ответил на 5 – 6 вопросов теста, оценка составляет *от 26 до 50 баллов*.
- Ответ на экзаменационный тест засчитывается на **базовом** уровне, если студент верно ответил на 7 – 8 вопросов теста, оценка составляет *от 51 до 75 баллов*.
- Ответ на экзаменационный тест засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент верно ответил на 9 – 10 вопросов теста, оценка составляет *от 76 до 100 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 «Специальные главы физики ускорителей»

1 вопрос. Если ротор векторного поля равен нулю в каждой точке какой-либо области пространства, то такое поле называют:

4. Безвихревым
5. Соленоидальным
6. Векторным

2 вопрос. Если дивергенция и ротор векторного поля A определены в каждой точке конечной области пространства V , ограниченной регулярной поверхностью, то всюду в V поле A может быть представлено в виде суммы безвихревого и соленоидального полей. Это утверждение носит название разложения:

4. Пуассона
5. Гельмгольца
6. Твисса

3 вопрос. В какой модели применяется аппроксимация искомой непрерывной функции совокупностью приближенных значений, рассчитываемых в некоторых точках области – узлах.

4. Модель сеток
5. Модель конечных разностей
6. Модель узловых потенциалов

4 вопрос. Равномерное движение ведущего центра ларморовского вращения, вызванное действием электрического поля, называется

4. Магнитным дрейфом
5. Электрическим дрейфом
6. Центробежным дрейфом

5 вопрос. дрейф, вызванный изменением магнитного поля только по абсолютной величине, называется:

4. Электрическим
5. Центробежным
6. Градиентным

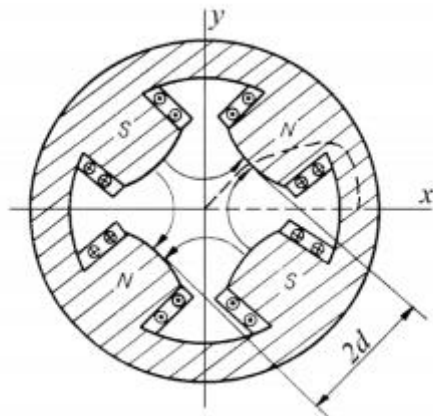
6 вопрос. При движении заряженной частицы в аксиально-симметричных полях существует интеграл движения, связывающий её угловой момент с потоком магнитного поля через поперечное сечение поверхности, образованное вращением траектории частицы вокруг оси. Это выражение является

- 4. Теоремой Буша
- 5. Инвариантом Гамильтона
- 6. Преобразованием Лапласа

7 вопрос. У какой линзы потенциалы справа и слева постоянны и равны между собой.

- 3. Иммерсионная
- 4. Одиночная

8 вопрос. Что изображено на рисунке?



- 4. Схема квадрупольной магнитной линзы.
- 5. Схема дипольной магнитной линзы
- 6. Разрез постоянного магнита.

9 вопрос. Делённая на π площадь, занимаемая пучком на фазовой плоскости, называется:

- 3. Эмиттанс
- 4. Аксептанс

10 вопрос. Как называется эмиттанс, соответствующий площади описанного эллипса Флоке.

- 3. Нормализованный
- 4. Эффективный

11 вопрос. Для нормального закона распределения плотности частиц, их амплитуды бетатронных колебаний подчиняется распределению:

- 1. Рэлея
- 2. Пуассона
- 3. Твисса

2 вопрос. При быстром изменении частоты колебаний их амплитуда меняется

тем меньше, чем быстрее совершается переход через:

1. Исходное положение
2. Резонанс
3. Адиабатическое затухание

3 вопрос. Поперечное движение релятивистского ($\beta \approx 1$) электрона в магнитном поле циклического ускорителя или накопителя с заданной энергией удобно рассматривать в системе координат относительно некоторой замкнутой орбиты, называемой:

1. Равновесной
2. Идеальной
3. Симметричной

4 вопрос. Какие уравнения представлены

$$x'' + K_x(s)x = 0 ,$$

$$\eta'' + K_x(s)\eta = h(s) ,$$

1. Хилла
2. Флоке
3. Бетатронные

5 вопрос. Теория, рассматривающая движение частицы, как усредненное, или сглаженное движение ее ведущего центра, называется:

1. Центробежная
2. Электромагнитная
3. Дрейфовая

6 вопрос. Дрейф, вызванный изменением магнитного поля только по направлению, называется:

1. Центробежным
2. Электромагнитным
3. Градиентным

7 вопрос. Какая линза имеет постоянные, но разные потенциалы слева и справа.

1. Иммерсионная линза.
2. Линза-диафрагма

8 вопрос. Как называются искажения изображений, полученных с помощью линзы.

1. Аберрации
2. Абляции

9 вопрос. Устройства, состоящие из нескольких линз и формирующие действительное изображение предмета, в оптике называют

1. Линзовые объективы

2. Линзовые апертуры

10 вопрос. Площадь области пропускания, делённая на π , называется:

1. Эмиттансом
2. Аксептансом