

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего**  
**образования**  
**«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»**

**Кафедра физики ускорителей**



УТВЕРЖДАЮ  
Декан ФФ  
А. Е. Бондарь  
« 10 » июня 2014 г.

**КОЛЛЕКТИВНЫЕ ЭФФЕКТЫ В ДИНАМИКЕ ПУЧКОВ**

Рабочая программа дисциплины

**Физический факультет**

Направление подготовки  
**011200 Физика (квалификация (степень) «магистр»)**

Профиль:  
**Физика ускорителей**

Форма обучения  
**Очная**

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в период сессии) (в часах)	
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем (консультации, экзамен)
		Лекции	Семинары	Лабораторные занятия			
1	2	3	4	5	6	7	8
1	144	16	54		38	32	4

Всего 144 часа / 4зачетных единицы  
из них:  
- контактная работа 74 часа  
- в интерактивных формах 36 часов

**Новосибирск 2014**

Рабочая программа дисциплины «Коллективные эффекты в динамике пучков», предназначенная для магистрантов физического факультета НГУ, разработана в 2011 году в соответствии с ФГОС ВПО по направлению подготовки 011200 Физика (квалификация «магистр») от 18.11.2009, приведена в соответствие с требованиями Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования от 19.12.2013.

Место дисциплины в структуре учебного плана  
М.2 «Профессиональный цикл. Вариативная часть».

Составили:

ассистент В. А. Востриков  
д.ф.-м.н., академик РАН Н.С. Диканский

Рабочая программа

© Новосибирский государственный университет, 2014  
©Востриков В.А., 2014  
©Диканский Н.С. 2014

## Содержание

Аннотация.....	4
1. Цели освоения дисциплины.....	5
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	5
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины .....	5
4. Структура и содержание дисциплины .....	6
5. Образовательные технологии .....	7
6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов .....	8
7. Фонд оценочных средств для проведения аттестации по итогам освоения дисциплины: показатели, критерии оценивания компетенций, типовые контрольные задания .....	8
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....	8
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	9

## Аннотация

Программа курса «Коллективные эффекты в динамике пучков» составлена в соответствии с требованиями к обязательному минимуму обязательному минимуму содержания и уровню подготовки магистра по направлению 011200 Физика, а также задачами, стоящими перед Новосибирским государственным университетом по реализации Программы развития НГУ. Дисциплина реализуется на Физическом факультете Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ) кафедрой физики ускорителей. Дисциплина изучается магистрантами физического факультета.

Дисциплина «Коллективные эффекты в динамике пучков» имеет своей целью дать профессионально подготовленным физикам на доступном им высоком уровне правдивую информацию о технологиях создания, физических характеристиках и принципах работы компонентов современных ускорительно-накопительных комплексов.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника общекультурных компетенций ОК-1, ОК-5, а также профессиональных компетенций ПК-1, ПК-2, ПК-5, ПК-9 и ПК-10.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, домашние задания, самостоятельная работа студента и её контроль преподавателями с помощью заданий, экзамен.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль успеваемости: задания для самостоятельного решения.

Промежуточная аттестация: экзамен.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 4 зачетных единицы:

- занятия лекционного типа – 16 часов;
- занятия семинарского типа – 54 часа;
- самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 38 часов;
- промежуточная аттестация – 36 часов;

Объем контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, семинарского типа, групповые консультации, экзамен) составляет 74 часа.

Работа с обучающимися в интерактивных формах составляет 36 часов.

## 1. Цели освоения дисциплины

Данный курс предназначен для обучения магистрантов, которые будут в своей последующей работе использовать знание об устройстве и принципе работы новых технологически сложных компонентов современных ускорителей, накопителей заряженных частиц и коллайдеров для создания комплексов таких установок и программного обеспечения для их обслуживания высокого класса.

Дисциплина «Коллективные эффекты в динамике пучков» имеет своей целью дать профессионально подготовленным физикам на доступном им высоком уровне правдивую информацию о технологиях создания, физических характеристиках и принципах работы компонентов современных ускорительно-накопительных комплексов.

Для достижения поставленной цели используются материалы, изложенные в профессиональных изданиях: научных статьях, сборниках трудов конференций, монографиях ведущих специалистов. Также используется возможность контакта с разработчиками ускорителей, накопителей и коллайдеров, работающими в научно-исследовательских институтах СО РАН, имеющими многолетний опыт создания устройств для уникальных исследовательских установок.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Коллективные эффекты в динамике пучков» относится к циклу М.2 «Профессиональный цикл. Вариативная часть».

Студенты, приступающие к изучению этой дисциплины, должны иметь общую базовую подготовку в рамках программы первых четырех лет обучения в ВУЗе, в том числе:

- Математический анализ;
- Высшая алгебра;
- Электродинамика;
- Электронная оптика и физика пучков.

Результаты освоения дисциплины используются в следующих дисциплинах данной ООП:

- Практика и научно-исследовательская работа в НИИ.

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Общекультурные компетенции ОК-1, ОК-5, а также профессиональные компетенции ПК-1, ПК-2, ПК-5, ПК-9 и ПК-10.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- иметь представление об основных коллективных явлениях, определяющих предельные значения токов пучков в современных ускорителях, накопителях заряженных частиц и коллайдерах;
- знать современные методы расчета основных характеристик коллективных движений пучков в таких машинах;
- уметь использовать полученные знания при создании ускорительно-накопительных комплексов и программного обеспечения для сопровождения их работы высокого класса. Уметь ориентироваться в информации получаемой из печатных изданий и Интернета, добывать информацию, соответствующую по качеству своей профессиональной подготовке.

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Дисциплина «Коллективные эффекты в динамике пучков» представляет собой семестровый курс, читаемый магистрантам физического факультета НГУ в осеннем семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 академических часа.

По использованию современных научных данных, своему содержанию, уровню предварительной подготовки студентов курс не имеет аналогов в России. По сравнению с подобными зарубежными курсами наши студенты имеют более серьезный уровень подготовки, как по математическим, так и по физическим дисциплинам, что позволяет использовать изложение на высоком профессиональном уровне. Курс актуален для дисциплин специальной подготовки, т.к. позволяет подготовить специалиста с широким кругозором и одновременно с глубоким пониманием основ.

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Всего	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Промежуточная аттестация (в период сессии) (в часах)
				Аудиторные часы		Сам. работа в течение семестра (не включая период сессии)	
				Лекции (кол-во часов)	Семинары (кол-во часов)		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Вводные замечания	1	6	2	4	2	
2	Продольные когерентные колебания одородного пучка	2-3	12	4	6	4	
3	Общее интегральное уравнение для когерентных колебаний пучка в накопителе	4-5	12	4	6	4	
4	Моды поперечных колебаний несгруппированного пучка	6	6	2	4	2	
5	Резонансные неустойчивости	7	6	2	4	2	
6	Медленные однооборотные явления	8-9	12	4	4	4	
7	Медленные синхробетатронные моды	10	6	2	4	2	
8	Быстрые поперечные когерентные колебания сгустка	11-12	12	4	4	4	
9	Влияние запоминания полей на когерентные колебания пучка	13	6	2	4	2	
10	Теорема о сумме декрементов	14	10	2	4	4	
11	Диагностика и демпфирование когерентных колебаний пучка.	15-16	12	4	6	4	
12	Удлинение сгустков наведенными полями	17	8	2	4	4	
13	Групповая консультация		2				2
14	Самостоятельная подготовка обучающегося к экзамену		32				32
15	Экзамен		2				2
Всего			144	16	54	38	36

## **Содержание разделов и тем курса**

1. Особенности движения частицы в накопительном кольце, когерентность колебаний, разброс частот и расфазировка колебаний частиц, функции распределения частиц в пучке, уравнение Власова.
2. Азимутальные гармоники функции распределения пучка, импедансы связи пучка с окружающими электродами, затухание Ландау, граница области устойчивости колебаний, эффект отрицательной массы, многопоточные неустойчивости.
3. Определение стационарных состояний пучка, теория возмущений для вычисления гармоник функции распределения, расщепление гармоник, мультипольные колебания, спектры собственных частот, дисперсионные уравнения, классификация когерентных колебаний и неустойчивостей по мультипольности мод.
4. Разделение азимутальных гармоник в несгруппированном пучке, вычисление мультиполей пучка, взаимодействующего с электродами, поперечный импеданс связи, теорема Венцеля-Панофского, дипольные когерентные колебания и колебания частиц, модель жесткого пучка.
5. Взаимодействие пучка с высокооборотным резонатором, динамические и диссипативные неустойчивости, демпфирование колебаний пассивными резонаторами. Затухание и антизатухание Ландау, неустойчивости встречных пучков.
6. Когерентные колебания сгруппированного пучка, взаимодействующего с низкодобротными электродами, однооборотные и многооборотные эффекты, эффект быстрого затухания когерентных колебаний, радиальные моды колебаний
7. Синхротронные когерентные колебания одиночного сгустка, head-tail эффект и влияние хроматизма машины на устойчивость когерентных колебаний, приближенные методы расчета декрементов монохроматического сгустка, затухание Ландау когерентных колебаний сгустка за счет октупольных полей фокусировки машины.
8. Неустойчивости из-за связи синхротронных мод сгустка, роль затухания Ландау, быстрые однооборотные неустойчивости, ограничение интенсивности пучка в линейных ускорителях, БНС-затухание.
9. Многооборотные эффекты в когерентных колебаниях одиночного сгустка, неустойчивость когерентных колебаний цепочки идентичных сгустков, спектр когерентных колебаний и моды пучка, состоящего из идентичных сгустков, при неполном заполнении сгустками замкнутой орбиты накопителя.
10. Влияние радиальной модуляции когерентных потерь на развитие продольных когерентных колебаний сгруппированного пучка, перераспределение декрементов между продольными и поперечными когерентными колебаниями. Теорема о сумме декрементов коллективных мод монохроматического пучка.
11. Измерения сигналов когерентных колебаний пикап-электродами, демпфирование колебаний сгустков пассивными системами и системами обратной связи, предельный темп демпфирования.
12. Взаимное влияние коллективных и кинетических эффектов в накопленных пучках, эффект удлинения сгустков, уравнение Хайсинского, турбулентное удлинение сгустка.

## **5. Образовательные технологии**

Курс читается классическим способом: проводятся потоковые лекции, а также семинарские занятия, предусматривающие работу в малых группах. При подаче материала лекционного курса используется мультимедийная техника. На экран выводятся формулировки, определения, основные понятия, а также графические иллюстрации, помогающие наглядно подать материал. Все семинарские занятия проводятся в интерактивной форме. Обсуждаются идеи и способы решения поставленных задач, оптимальность предложенных решений. Поощряется элемент соревновательности. Автор наиболее удачного решения рассказывает его у доски. Существенным элементом образовательных технологий является не только умение студента найти решение задачи, но и способность доходчиво донести его до всей аудитории. Умение ответить на вопросы сокурсников и преподавателя развивает навыки, которые будут необходимы в дальнейшей

профессиональной деятельности студента. Важнейшим элементом технологии является самостоятельное решение студентами и сдача заданий. Это единственная полностью индивидуальная форма обучения. Сдача заданий в устной форме преподавателю направлена на формирование коммуникативных навыков, умения объяснять, логически излагать решение, быстро отвечать на вопросы преподавателя. Студент рассказывает свое решение преподавателю, отвечает на дополнительные вопросы, решает одну-две простые задачи на ту же тему. Таким образом, триада: лекции +семинары+задания способствуют активному усвоению материала и позволяют студентам не столько вы зубрить теорию, сколько научиться применять ее для решения задач.

Оценка на экзамене складывается из трех сумм:  $\Sigma = \Sigma_b + \Sigma_t + \Sigma_p$ , где  $\Sigma_b$  — количество баллов, заработанных студентом в семестре,  $\Sigma_t$  — количество баллов, полученных за ответ на теоретический билет,  $\Sigma_p$  — количество баллов, полученных за решение задач из практического билета. Каждая из сумм может равняться нулю. В зависимости от набранных баллов проставляется оценка за экзамен:

$\Sigma$	Оценка
[0;200)	неудовлетворительно
[200;400)	удовлетворительно
[400;600)	хорошо
[600;900]	отлично

#### **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа студентов поддерживается следующими учебными пособиями, составленными преподавателями кафедры физики ускорителей:

1. Д. В. Пестриков «Лекции по когерентным колебаниям», части I и II, Учебное пособие, НГУ, Новосибирск 1996.

#### **7. Фонд оценочных средств для проведения аттестации по итогам освоения дисциплины: показатели, критерии оценивания компетенций, типовые контрольные задания**

Освоение компетенций оценивается по двухбалльной шкале «сформирована/не сформирована». Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленные общекультурные компетенции ОК-1, ОК-5, а также профессиональные компетенции ПК-1, ПК-2, ПК-5, ПК-9 и ПК-10 сформированы.

#### **Образец билета на экзамене:**

1. Продольный импеданс связи.
2. Быстрые однооборотные неустойчивости.

#### **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

Обязательная литература:

1. Д. В. Пестриков «Лекции по когерентным колебаниям», части I и II, Учебное пособие, НГУ, Новосибирск 1996.
2. Н. С. Диканский, Д. В. Пестриков. Теория когерентных колебаний пучков в накопителях. Учебное пособие, НГУ, Новосибирск, 2013.
3. Н. С. Диканский, Д. В. Пестриков. Затухание Ландау и расфазировки когерентных колебаний пучков в накопителях. Учебное пособие, НГУ, Новосибирск, 2010.

Дополнительная литература:



1. Н. С. Диканский, Д. В. Пестриков. Физика интенсивных пучков в накопителе. Новосибирск, СО Наука 1989.
2. А. Н. Лебедев, А. В. Шальнов. Основы физики и техники ускорителей. т.2, М. Энергоиздат, 1982.
3. Н. С. Диканский, Д. В. Пестриков. Когерентные колебания встречных сгустков, учебное пособие, НГУ, Новосибирск, 2011.

## **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Дисциплина обеспечена лекционными аудиториями Института ядерной физики СО РАН.  
Оснащение основных лекционных аудиторий ИЯФ:

*Аудитория ВЭПП-4.* – Лекционная аудитория на 30 мест:

- а) основное оборудование:  
ручной подвесной проекционный экран 127см\*127см  
Вспомогательный переносной проектор EPSON EMP-1715

*Пристройка 2 эт.* – Лекционная аудитория на 48 мест:

- а) основное оборудование:  
Стационарный (подвесной) проектор EPSON EB-X72 с пультом;  
Ноутбук DELL PP22L;
- б) дополнительное оборудование:  
ручной подвесной проекционный экран 127см\*127см  
Вспомогательный переносной проектор EPSON EMP-1715

*Зал для конференций* – на 305 мест

- а) основное оборудование:  
Переносной проектор NEC VT660 с пультом;  
Ноутбук ASPIRE 5720;
- б) дополнительное оборудование:  
электрический подвесной проекционный экран 200м\*200м  
проектор для больших презентаций SANYO PLC-XP57L  
беспроводные инфракрасные микрофоны и аппаратура воспроизведения звука.

Возможность использования интернет библиотек.

**Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании кафедры физики ускорителей физического факультета НГУ.**