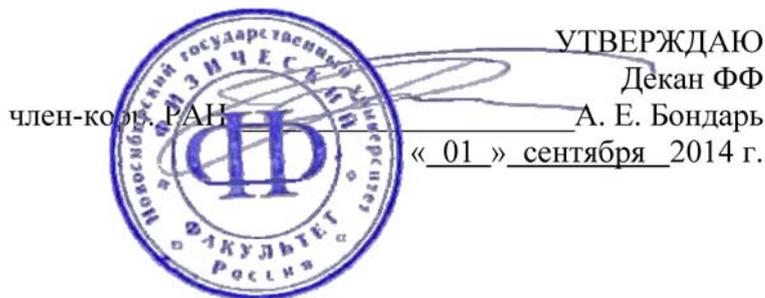


**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего**  
**образования**  
**«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»**

**Кафедра физики ускорителей**



**ВАКУУМНЫЕ СИСТЕМЫ УСКОРИТЕЛЕЙ**

Рабочая программа дисциплины

**Физический факультет**

Направление подготовки  
**03.03.02 Физика (уровень бакалавриата)**  
**Курс 4, семестр 7**

Профиль:  
**Общая и фундаментальная физика**

Форма обучения  
**Очная**

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в период сессии) (в часах)	
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Сам. работа в течение семестра (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
7	36	18			9	5	4
Всего 36 часа / 1 зачетная единица из них: - контактная работа 18 часов - в интерактивных формах 18 часов							

**Новосибирск 2014**

Рабочая программа дисциплины «Вакуумные системы ускорителей», предназначенная для студентов четвёртого курса физического факультета НГУ, разработана в 2011 году в соответствии с ФГОС ВПО по направлению подготовки 011200 Физика (квалификация «бакалавр») от 08.12.2009, приведена в соответствие с требованиями Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования от 19.12.2013, переработана в 2014 г. в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 Физика (уровень бакалавриата) от 07.08.2014.

Место дисциплины в структуре учебного плана Б1, вариативная

Составили:

канд. физ.-мат. наук, асс. А. А. Краснов

Рабочая программа

© Новосибирский государственный университет, 2014

© Краснов А. А., 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 .....	8
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.....	9
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	9

## Аннотация

Программа курса «**Вакуумные системы ускорителей**» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО к уровню бакалавриата по направлению подготовки «**03.03.02 Физика**» (академический бакалавриат), 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 государственный университет (НГУ) кафедрой физики ускорителей. Дисциплина изучается студентами четвёртого курса физического факультета в осеннем семестре.

Цели курса – познакомить слушателей с требованиями на вакуумные системы современных ускорителей, методами их расчета и примерами практической реализации.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника общепрофессиональных компетенций ОПК-3, а также профессиональных компетенций ПК-1 и ПК-3.

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: домашние задания, задания для самостоятельного решения.

Промежуточная аттестация: экзамен.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 1 зачетная единица:

- занятия лекционного типа – 18 часов;
- самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 9 часов;
- промежуточная аттестация (подготовка к экзамену и экзамен) – 9 часов.

Объем контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, групповые консультации, экзамен) составляет 18 часов.

Работа с обучающимися в интерактивных формах составляет 18 часов.

## **1. Цели освоения дисциплины**

Цель данного курса лекций – познакомить слушателей с требованиями на вакуумные системы современных ускорителей, методами их расчета и примерами практической реализации.

Основной акцент сделан на определяющую роль поверхности в сверхвысоковакуумных установках. Лекции содержат обширный материал по экспериментальным исследованиям десорбции молекул газа с поверхности вакуумных камер в присутствии ионизирующего излучения.

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Вакуумные системы ускорителей» обязательной дисциплиной вариативной части подготовки бакалавра по направлению «03.03.02 Физика».

Дисциплина «Вакуумные системы ускорителей» опирается на следующие дисциплины данной ООП:

- Математический анализ;
- Дифференциальные уравнения;
- Высшая алгебра;

Результаты освоения дисциплины используются в следующих дисциплинах данной ООП:

- Практика и научно-исследовательская работа в НИИ.

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

Общепрофессиональные компетенции ОПК-3, профессиональные компетенции ПК-1 и ПК-3.

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Дисциплина «Вакуумные системы ускорителей» представляет собой курс, читаемый на 4-м курсе физического факультета НГУ в 7-м семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 1 зачетную единицу, 36 академических часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя курса	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Промежуточная аттестация (в период сессии) (в часах)
			Всего	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	Вакуумные системы современных ускорителей заряженных частиц	1	3	2		1	
2	Роль поверхности	2	3	2		1	
3	Положения из молекулярной физики	3	3	2		1	
4	Молекулярная проводимость сложных систем	4	3	2		1	
5	Холодная вакуумная камера	5	3	2		1	
6	Универсальная система уравнений для расчета профиля давления в протяженной вакуумной системе	6	3	2		1	
7	Вакуумная техника	7	3	2		1	
8	Вакуумные измерения	8	3	2		1	
9	Общие принципы построения вакуумных систем больших электрофизических установок	9	3	2		1	
10	Групповая консультация		2				2
11	Самостоятельная подготовка обучающегося к экзамену		5				5
12	Экзамен		2				2
Всего			36	18		9	9

- **Содержание лекций:**

##### Лекция 1

Требования к вакуумным системам современных ускорителей заряженных частиц: циклотроны, коллайдеры, источники синхротронного излучения (СИ). Процессы рассеяния

частиц на молекулах остаточного газа, определяющие время жизни пучка: электрон-позитронные машины, протонные машины, ускорители тяжелых ионов. Электрофизические и геометрические требования к вакуумным камерам ускорителей.

### **Лекция 2**

Роль поверхности. Источники молекулярных потоков: термо-десорбция, десорбция под действием ионизирующего излучения. Синхротронное излучение. Электронные облака. Ионная нестабильность.

### **Лекция 3**

Положения из молекулярной физики: среднеарифметическая скорость движения молекул, средняя длина свободного пробега, частота соударений между молекулами и со стенками сосуда. Критерий Кнудсена. Понятия низкого, среднего, высокого вакуума. Понятия проводимости. Проводимость диафрагмы (отверстия). Идеальный вакуумный насос. Характеристики вакуумного насоса. Основное уравнение вакуумной техники.

### **Лекция 4**

Молекулярная проводимость сложных систем. Коэффициент Клаузинга. Диффузионная модель Кнудсена. Одномерное дифференциальное уравнение для расчета профиля давления (концентрации) в случае равномерно распределенного газовой выделения в протяженной вакуумной камере. Динамика десорбции под действием СИ. Пример построения вакуумной системы ускорителя с сосредоточенными насосами. Проблемы малоапертурных протяженных вакуумных камер. Применение распределенных средств откачки.

### **Лекция 5**

Холодная вакуумная камера. Пример ЛНС. Энергия, время адсорбции (формула Френкеля). Понятия химической и физической адсорбции. Изотерма адсорбции Ленгмюра. Многослойная адсорбция: уравнение БЭТ (Брунауер, Эммет, Тейлор). S – образная изотерма (пример: адсорбция водорода). Островковая адсорбция. Десорбция физадсорбированных молекул под действием СИ и электронов (понятие вторичной десорбции). Конструкция вакуумной камеры ЛНС.

### **Лекция 6**

Универсальная система уравнений для расчета профиля давления в протяженной вакуумной системе. Численные методы расчета сложных вакуумных систем: Монте-Карло, угловые коэффициенты. Критерии применимости диффузионной модели Кнудсена. Метод угловых коэффициентов для двумерного случая. Метод функции Грина для решения дифференциального уравнения для профиля давления в случае протяженной вакуумной камеры с сорбирующими стенками и произвольно распределенной газовой нагрузкой.

### **Лекция 7**

Вакуумные насосы: механические (поршневые, ротационные, турбомолекулярные), ионно-геттерные, криосорбционные. Распыляемые геттеры. Нераспыляемые геттеры: способы получения, примеры применения геттера системы TiZrV.

### **Лекция 8**

Вакуумные измерения. Деформационные, гидростатические, тепловые преобразователи (датчики) давления. Ионизационные преобразователи. Газоанализаторы (принцип действия, основные характеристики). Градуировка (калибровка) преобразователей.

### **Лекция 9**

Общие принципы построения вакуумных систем больших электрофизических установок. Материалы, применяемые в вакуумной технике. Методы предварительной очистки и обезгаживания. Изготовление вакуумных камер. Практические рекомендации по запуску вакуумных установок.

## 5. Образовательные технологии

Учебный курс «Вакуумные системы ускорителей» имеет преимущественно лекционный характер. При подаче материала лекционного курса используется мультимедийная техника. На экран выводятся формулировки, определения, основные понятия, а также графические иллюстрации, помогающие наглядно подать материал. В процессе изложения материала используются примеры реально действующих высоковольтных электрофизических систем и установок. Тем не менее, все занятия проводятся в интерактивной форме. В лекциях 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 заданий студентами. 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.

Оценка на экзамене складывается из суммы баллов, заработанных студентами во время курса  $\Sigma$ . В зависимости от набранных баллов проставляется оценка:

$\Sigma$	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:

1. Персов Б.З. Расчет и проектирование экспериментальных установок. Москва: Институт компьютерных исследований, 2004

## 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 компетенции ОПК-3 и ОПК-6, а также ПК-1 и ПК-3 сформирована в части, относящейся к формированию способности использовать в профессиональной деятельности материал данного курса.

### Образец задания для самостоятельной работы:

1. Проводимость отверстия (диафрагмы) при молекулярном режиме течения газа.

2. Одномерное дифференциальное уравнение для расчета профиля давления (концентрации) в случае распределенного газовыделения в протяженной вакуумной камере.

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Обязательная литература:

1. Персов Б.З. Расчет и проектирование экспериментальных установок. Москва: Институт компьютерных исследований, 2004.

Дополнительная литература:

1. Розанов Л.Н. Вакуумная техника.

## 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Доступ к информационным ресурсам, выложенным на сайте кафедры <http://accel.inp.nsk.su/>

Дисциплина обеспечена лекционными аудиториями Института ядерной физики СО РАН.

Оснащение основных лекционных аудиторий ИЯФ СО РАН:

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

а) основное оборудование:

ручной подвесной проекционный экран 127см\*127см  
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 29 августа 2014 года.**