

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

**Физический факультет
Кафедра физики ускорителей**

академик РАН



УТВЕРЖДАЮ
Декан ФФ
А. Е. Бондарь
2020 г.

Рабочая программа дисциплины

ВАКУУМНЫЕ СИСТЕМЫ УСКОРИТЕЛЕЙ

направление подготовки: **03.03.02 Физика, Курс 4, семестр 7**
направленность (профиль): **Общая и фундаментальная физика**


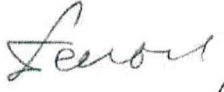

Форма обучения
Очная

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
7	36	16			18				2	
Всего 36 часов / 1 зачётная единица, из них: - контактная работа 18 часов										
Компетенции: ПК-1, ПК-2										

Разработчик:
к.ф.-м.н., ст.преп.

Заведующий кафедрой физики ускорителей НГУ,
д.ф.-м.н., проф.

Ответственный за образовательную программу,
д.ф.-м.н., проф.

А.А. Краснов

В.И. Тельнов

С.В.Цыбуля

Новосибирск, 2020

Содержание

Аннотация	Ошибка! Закладка не определена.
1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.	4
3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.	5
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.	5
5. Перечень учебной литературы.	7
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.	7
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.	7
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.	8
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.	8
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.	8

Аннотация

к рабочей программе дисциплины «Вакуумные системы ускорителей»

Направление: **03.03.02 Физика**

Направленность (профиль): Общая и фундаментальная физика

Программа курса «**Вакуумные системы ускорителей**» составлена в соответствии с требованиями СУОС к уровню бакалавриата по направлению подготовки **03.03.02 Физика, направленность «Общая и фундаментальная 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 профессионального образования Новосибирский национальный исследовательский государственный университет (НГУ) кафедрой физики ускорителей в качестве факультативной дисциплины.

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

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих профессиональных компетенций:

ПК-1 – способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин;

ПК-2 – способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- **Знать:** принципы работы и конструкции вакуумных насосов и датчиков давления, основные физические явления, влияющие на уровень давления остаточного газа в ускорителях;
- **Уметь:** проводить концептуальное проектирование сложных вакуумных систем с распределенной газовой нагрузкой, расчёты профиля динамического давления в протяженных вакуумных структурах;
- **Владеть:** аналитическими и численными методами расчета молекулярных потоков, методами расчёта и оптимизации вакуумных систем.

Курс рассчитан на один семестр. Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: интерактивные лекции с разбором конкретных ситуаций, самостоятельная работа студента и её контроль преподавателями с помощью заданий, дифференцированный зачет.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль успеваемости: краткий текущий (по ходу курса) контроль освоения лекционного материала.

Промежуточная аттестация: дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет **36 академических часов / 1 зачетную единицу**.

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

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

Вакуумная система является неотъемлемой частью ускорителей заряженных частиц и комплексов на их основе, создаваемых для фундаментальных исследований и прикладных целей. 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.

Дисциплина «Вакуумные системы ускорителей» предназначена для обучения бакалавров-физиков основам вакуумной техники применительно к линейным и циклическим ускорителям.

Профессиональная компетенция ПК-1 (способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин) в части формирования умения учитывать газовую нагрузку в ускорительных установках.

Профессиональная компетенция ПК-2 (способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта в части проектирования необходимых и достаточных вакуумных систем ускорительной установки).

Всюду, где это допускается уровнем знаний и подготовки студентов, материал лекций увязывается с современными исследованиями в области физики ускорителей.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

- **Знать:**
 - знать основные физические явления, влияющие на уровень давления остаточного газа в ускорителях (ПК-1.1);
 - принципы работы и конструкции вакуумных насосов и датчиков давления (ПК-2.1);
- **Уметь:**
 - проводить концептуальное проектирование сложных вакуумных систем с распределенной газовой нагрузкой (ПК-1.2);
 - уметь проводить расчёты профиля динамического давления в протяженных вакуумных структурах (ПК-2.2);
- **Владеть:**
 - аналитическими методами расчёта и оптимизации вакуумных систем (ПК-1.3);
 - владеть численными методами расчета молекулярных потоков (ПК-2.3).

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Вакуумные системы ускорителей» реализуется в осеннем семестре 4-го курса бакалавратуры для студентов, обучающихся по направлению подготовки 03.03.02 Физика. Курс является одной из профессиональных дисциплин по выбору, реализуемых кафедрой физики ускорителей.

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;

- Молекулярная физика;
- Термодинамика

Этот курс должен предшествовать выполнению квалификационной работы бакалавра по данной специализации, т.к. дает бакалавру необходимые знания и навыки при работе с вакуумными системами ускорительных комплексов.

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

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
7	36	16			18				2	
Всего 36 часов / 1 зачётная единица, из них: - контактная работа 18 часов										
Компетенции ПК-1, ПК-2										

Реализация дисциплины предусматривает следующие виды занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью: лекции, самостоятельная работа студента, дифференцированный зачет.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

- текущий контроль успеваемости: опрос по материалам предыдущей лекции;
- промежуточная аттестация: дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 1 зачетную единицу.

- занятия лекционного типа – 16 часа;
- самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 18 часов;
- промежуточная аттестация (дифференцированный зачет) – 2 часа;

Объем контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, дифференцированный зачет) составляет 18 часов.

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

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

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоёмкость (в часах)					Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы		Сам. работа во время занятий (не включая период сессии)	Сам. работа во время промежуточной аттестации	
				Лекции	Практические занятия			
1	2	3	4	5	6	7	8	10
1.	Требования на вакуумные системы современных ускорителей заряженных частиц	1	2	1		1		
2.	Роль поверхности. Стимулированная десорбция	2-3	4	2		2		
3.	Положения из молекулярной физики	4	2	1		1		
4.	Молекулярная проводимость сложных систем	5-6	4	2		2		
5.	Холодная вакуумная камера пучка	7-8	4	2		2		
6.	Универсальная система уравнений для расчета профиля давления в протяженной вакуумной системе	9-10	4	2		2		
	Вакуумные технологии	11-12	4	2		2		
	Вакуумные измерения	13-14	4	2		2		
	Общие принципы построения вакуумных систем больших электрофизических установок	15-16	4	2		4		
7.	Дифференцированный зачет	17	2					2
8.	Всего		36	16		18		2

Программа и основное содержание лекций (16 часов)

Учебный курс «Вакуумные системы ускорителей» носит преимущественно лекционный характер. Изучение и закрепление нового материала происходит на интерактивных лекциях: лекциях-дискуссиях и лекциях с разбором конкретных ситуаций и конкретных примеров построения вакуумных систем.

Самостоятельная работа студентов (18 часов)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Проработка лекций, печатных материалов	16
Подготовка к зачету	2

5. Перечень учебной литературы.

5.1. Основная литература.

Обязательная литература:

1. Персов, Борис Зиновьевич. Основы проектирования экспериментальных физических установок : [учебное пособие] / Б.З. Персов ; отв. ред. Н.С. Диканский; Гос. ком. Рос. Федерации по высшему образованию; Новосиб. гос. ун-т. - Новосибирск : Новосибирский государственный университет, 1993. -156, [1] с. : ил. ; 20 см. - Библиогр.: с.154-155. - ISBN 5-230-13538-7.
2. Основы вакуумной техники: Учеб. для техникумов электрон. приборов / [А.И. Пипко, В.Я. Плисковский, Б.И. Королев, В.И. Кузнецов]. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Энергоиздат, 1981. - 431 с. : ил. - Авт.указаны на обороте тит.л. - Библиогр.:с.422-423.

5.2. Дополнительная литература

1. Глазков, Анатолий Александрович. Вакуумные системы электро-физических установок / А.А. Глазков, И.Ф. Малышев, Г.Л. Саксаганский. Москва : Атомиздат, 1975, 192 с. : ил. Библиогр.: с.182-191. Персов Б.З. Расчет и проектирование экспериментальных установок.

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

1. Методические материалы на сайте кафедры физики ускорителей ФФ НГУ: <http://accel.inp.nsk.su/>

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

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

7.1 Современные профессиональные базы данных

Не используется.

7.2. Информационные справочные системы

Не используются.

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

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

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

Для реализации дисциплины «Вакуумные системы ускорителей» используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации.
2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

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

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

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

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

Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль

Система контроля включает краткий текущий (по ходу курса) контроль освоения лекционного материала, на котором и основывается окончательная оценка работы студента в течение курса.

Промежуточная аттестация

Освоение компетенций оценивается по пятибалльной шкале. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленные компетенции ПК-1 и ПК-2 сформированы не ниже порогового уровня в части, относящейся к формированию способности использовать в профессиональной деятельности материал данного курса. Вывод об уровне сформированности

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

Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Вакуумные системы ускорителей».

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (0 баллов)	Пороговый уровень (3 балла)	Базовый уровень (4 балла)	Продвинутый уровень (5 баллов)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	ПК 1.1 ПК 2.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.
Наличие умений	ПК 1.2 ПК 2.2	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки.	Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.
Наличие навыков (владение опытом)	ПК 1.3 ПК 2.3	Отсутствие владения материалом по темам/разделам дисциплины. Нет навыков в решении стандартных задач. Наличие грубых ошибок.	Имеется минимальный набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. Продемонстрированы знания по решению нестандартных задач.

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

Вопросы для промежуточной аттестации:

1. Среднеарифметическая скорость движения молекул. Средняя длина свободного пробега.
2. Проводимость отверстия при молекулярном режиме течения газа.
3. Основное уравнение вакуумной техники.
4. Проводимость сложной системы. Понятие коэффициента Клаузинга.

5. Понятия низкого, среднего, высокого вакуума. Критерий Кнудсена.
6. Энергия, время адсорбции (формула Френкеля). Изотерма адсорбции Ленгмюра.
7. Одномерное дифференциальное уравнение для расчета профиля давления (концентрации) в случае равномерно распределенного газовыделения в протяженной вакуумной камере.
8. Многослойная адсорбция. Уравнение ВЭТ (Брунауер, Эммет, Тейлор). S – образная изотерма. Островковая адсорбция.
9. Одномерное дифференциальное уравнение для расчета профиля давления (концентрации) в случае протяженной вакуумной камеры с поглощающими стенками.
10. Угловое распределение молекул в процессе десорбции. Метод угловых коэффициентов для расчета молекулярных потоков.
11. Деформационные, гидростатические, механические преобразователи (датчики) давления.
12. Электронные, магнитные преобразователи (принцип действия, основные характеристики).
13. Газоанализаторы (принцип действия, основные характеристики).
14. Градуировка (калибровка) преобразователей.
15. Основные характеристики вакуумных насосов.
16. Насосы химического действия. Ионные (магниторазрядные) насосы. Геттеры.
17. Криоконденсационные насосы.
18. Механические насосы.

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

**Лист актуализации рабочей программы
по дисциплине «Вакуумные системы ускорителей»
по направлению подготовки 03.03.02 Физика
Профиль «Общая и фундаментальная физика»**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ	Подпись ответственного