

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Саровский физико-технический институт -
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего
образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(СарФТИ НИЯУ МИФИ)

«УТВЕРЖДАЮ»

Декан физико-технического
факультета СарФТИ НИЯУ МИФИ

_____ А.К. Чернышев

«...» _____ 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Вакуумная техника

(наименование дисциплины)

Направление подготовки (специальность) 03.04.01 Прикладные математика и физика

Профиль подготовки Физика фундаментальных взаимодействий

Квалификация (степень) выпускника магистр
(бакалавр, магистр, специалист)

Форма обучения очная
(очная, очно-заочная (вечерняя), заочная)

Автор _____ К.В. Страбыкин

Рецензент _____ к.ф.-м. н. А.В. Тельнов

Согласовано:

Зав. кафедрой ЯРФ _____ д.ф.-м.н. Н.В. Завьялов

Руководитель ОПП _____ д.ф.-м.н. Н.В. Завьялов

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и ОС НИЯУ МИФИ
(актуализирован Ученым советом университета, Протокол №21/11 от 27.07.2023 г)

Программа одобрена
на заседании кафедры Ядерной и радиационной физики
от 31.08.23(протокол №2).

г. Саров, 2023 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цель изучения дисциплины – в области обучения – формирование у будущих специалистов специальных знаний о теоретических и прикладных основах вакуумной техники, способах измерений низких давлений и областей применения вакуумной техники, умений, навыков расчета и проектирования вакуумных систем, а также компетенций в области эксплуатации вакуумной техники.

Задачи дисциплины:

- представление общей информации по свойствам газов при низких давлениях и теоретических основ вакуума в современной технике;
- изучение различных методов измерения и течеискания вакуума, их характеристик, областей способов применения;
- освещение вопросов по расчету и конструированию вакуумных систем, их эксплуатации;
- ознакомление с вакуумными системами, работающими на ускорителях ИЯРФ РФЯЦ-ВНИИЭФ.

1.2. Место учебной дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Вакуумная техника» читается во 2 семестре обучения по ООП магистратуры. Для успешного освоения дисциплины необходимы знания по курсам общей физики, теоретические основы электротехники и математического анализа.

Дисциплина «Вакуумная техника» позволяет изучить физические явления в области газов при низких давлениях, общие принципы работы и специфические особенности различной вакуумной техники, методы измерения вакуума, способы расчета и конструирования современных вакуумных систем.

2. КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ. ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА ПО ЗАВЕРШЕНИЮ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В совокупности с другими дисциплинами специализации дисциплина «Вакуумная техника» направлена на формирование следующих **компетенций** магистра прикладных математики и физики:

- УК-3– способен организовать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели;
- ПК-2– способен критически оценивать применяемые методики и методы исследования;
- ПК-3– способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием, приборами и установками в избранной предметной области в соответствии с целями программы специализированной подготовки магистра;

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать

З-УК-3 методики формирования команд, методы эффективного руководства коллективами; основные теории лидерства и стили руководства

З-ПК-2 Знать методики оценки и выбора методов исследования.

З-ПК-3 Знать основные методы исследований, принципы работы приборов и установок в избранной предметной области

В том числе:

З1 – основные термины, определения и единицы системы измерений в области вакуума и вакуумной техники;

З2 – принцип действия и устройство оборудования для измерения вакуума;

З3 – принцип действия и устройство оборудования для получения вакуума;

З4 – области применения различной вакуумной техники.

Уметь

У-УК-3 Уметь: разрабатывать план групповых и организационных коммуникаций при подготовке и выполнении проекта; сформулировать задачи членам команды для достижения поставленной цели; разрабатывать командную стратегию; применять эффективные стили руководства командой для достижения поставленной цели

У-ПК-2 Уметь критически оценивать применяемые методики и методы исследования

У-ПК-3 Уметь выбирать необходимые технические средства для проведения экспериментальных исследований в избранной предметной области, обрабатывать полученные экспериментальные результаты

В том числе:

У1 – обоснованно выбирать элементы схем вакуумных систем на этапе их проектирования для достижения необходимых параметров давления;

У2 – производить расчеты основных характеристик вакуумных систем;

У3 – пользоваться справочной и технической документацией для правильной эксплуатации вакуумной техники;

Владеть

В-УК-3 Владеть: умением анализировать, проектировать и организовывать межличностные, групповые и организационные коммуникации в команде для достижения поставленной цели; методами организации и управления коллективом

В-ПК-2 Владеть навыками оценки методов исследования по выбранным критериям.

В-ПК-3 Владеть навыками работы с исследовательским и испытательным оборудованием, приборами и установками в избранной предметной области

В том числе:

В1 – практическими навыками применения вакуумной техники для ускорителей;

В2 – приемами расчёта и измерения низких давлений с использованием вакуумной техники.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 72 часа: 32 часа – практические занятия, 40 часов – самостоятельная работа студента. Промежуточный контроль – зачет.

Все занятия проходят в интерактивной форме (мастер-класс (МК)). Для конструктивного занятия по теме готовятся все студенты. Максимально за каждый МК можно получить **0,5 балла**.

3.1. СТРУКТУРА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел учебной дисциплины	Недели	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (АЧ)			Текущий контроль успеваемости (неделя, форма)	Аттестация раздела (неделя, форма)	Максимальный балл за раздел
		Лекции	Практ. занятия/ семинары	Самостоятельная работа			
Тема 1. История развития и применения вакуумной техники.	1		2	-	МК, КР-1	Зачет (17 неделя)	0,5- МК
Тема 2. Свойства газов при низких давлениях (часть 1)	2		2	1	МК, КР-1	Зачет (17 неделя)	0,5- МК
Тема 2. Свойства газов при низких давлениях (часть 2)	3		2	1	МК, КР-1	Зачет (17 неделя)	0,5- МК
Тема 3. Теоретические основы (ч.1)	4		2	1	МК, КР-1	Зачет (17 неделя)	0,5- МК
Тема 3. Теоретические основы (ч.2)	5		2	1	МК, КР-1	Зачет (17 неделя)	0,5- МК
Тема 3. Теоретические основы (ч.3).	6		2	1	МК, КР-1	Зачет (17 неделя)	0,5- МК
Контрольная работа	7		2	2	Контрольная работа (темы 1-3)		13-КР
Тема 4. Измерение вакуума (часть 1)	8		2	1	МК, ДЗ-1, КР-2	Зачет (17 неделя)	6-ДЗ,0,5- МК

Тема 4. Измерение вакуума (часть 2)	9		2	2	МК, КР-2	Зачет (17 неделя)	0,5- МК
Тема 5. Методы получения вакуума (часть 1)	10		2	2	МК, КР-2	Зачет (17 неделя)	0,5- МК
Тема 5. Методы получения вакуума (часть 2)	11		2	2	МК, КР-2	Зачет (17 неделя)	0,5- МК
Тема 5. Методы получения вакуума (часть 3)	12		2	2	МК, КР-2	Зачет (17 неделя)	0,5- МК
Тема 6. Анализ вакуумных систем (часть 1)	13		2	2	МК, КР-2	Зачет (17 неделя)	0,5- МК
Тема 6. Анализ вакуумных систем (часть 2)	14		2	2	МК, КР-2	Зачет (17 неделя)	0,5- МК
Тема 7. Вакуумные системы на ускорителях ИЯРФ.	15		2	2	МК, ДЗ-2	Зачет (17 неделя)	6-ДЗ 0,5- МК
Контрольная работа.	16		2	2	Контрольная работа (темы 4-6)	Зачет (17 неделя)	13-КР
Зачет	17			16			50
Итоги за семестр			32	40			
Бально-рейтинговая система (максимальное количество баллов за семестр)							
работа в семестре:							
посещаемость занятий							5
МК							7
2 КР (7, 16 недели)							26
2 ДЗ (недели 8, 15)							12
Зачет							50
Итого							100

КР – контрольная работа, МК – мастер-класс, ДЗ – домашнее задание, З – зачет

3.2. СОДЕРЖАНИЕ ТЕМ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Практические занятия проводятся в интерактивной форме (МК).

Цели практических занятий:

- пробуждение у обучающихся интереса;
- эффективное усвоение учебного материала;
- самостоятельный поиск учащимися путей и вариантов решения поставленной учебной задачи (выбор одного из предложенных вариантов или нахождение собственного варианта и обоснование решения);
- установление взаимодействия между студентами, обучение работать в команде, проявлять терпимость к любой точке зрения, уважать право каждого на свободу слова, уважать его достоинства;
- формирование профессиональных навыков.

Для конструктивного занятия по теме готовятся все студенты.

Тема 1. История развития и применения вакуумной техники.

Понятие «вакуум». История развития вакуумной техники. Применение вакуумной техники.

Тема 2. Свойства газов при низких давлениях.

Давление газов. Средняя длина свободного пути. Взаимодействие молекул газа с поверхностью. Физическая адсорбция и хемосорбция. Степень покрытия поверхности молекулами газа. Растворение газов в твердом теле. Электрические явления

Тема 3. Теоретические основы.

Степени вакуума. Критерий Кнудсена. Явления переноса (диффузия, вязкость и теплопроводность). Моделирование течение газа методом механики сплошной среды. Проводимость отверстий и трубопроводов. Газовыделение. Основное уравнение вакуумной техники.

Тема 4. Измерение вакуума.

Классификация методов измерения вакуума. Механические методы. Тепловые методы. Электрические и магнитные методы измерения вакуума. Измерение газовых потоков. Методы течеискания.

Тема 5. Методы получения вакуума.

Общая характеристика вакуумных насосов. Объемная откачка. Молекулярная откачка. Ионная откачка. Хемосорбционная откачка. Криоконденсационная откачка. Криоадсорбционная откачка. Ионно-сорбционная откачка.

Тема 6. Анализ вакуумных систем.

Типовые схемы вакуумных установок. Расчет газовых нагрузок. Уравнения стационарной откачки. Соединения насосов. Время откачки. Проверочный расчет вакуумной системы.

Тема 7. Вакуумные системы на ускорителях ИЯРФ.

Вакуумная система электрофизической установки «Гамма-4». Вакуумная система ускорителя БЭТА-8.

4. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

4.1. ВИДЫ И ФОРМЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

- самостоятельный поиск литературы по разделам и темам курса;
- изучение литературы;
- подготовка к МК по темам, выданным преподавателем;
- решение домашних заданий;

- подготовка к контрольным работам;
- подготовка к зачету.

Таблица 2 – Календарно-тематический план самостоятельной работы студентов

Номер недели	Номер темы	Задание для СРС	Форма занятий для контроля	Кол-во часов СРС
2	2	Подготовка к МК, выполнение ДЗ-1	МК	1
3	2	Подготовка к МК, выполнение ДЗ-1	МК	1
4	3	Подготовка к МК, выполнение ДЗ-1	МК	1
5	3	Подготовка к МК, выполнение ДЗ-1	МК	1
6	3	Подготовка к МК, выполнение ДЗ-1	МК	1
7	1-3	Подготовка к КР-1	КР-1	2
8	4	Подготовка к МК, выполнение ДЗ-1	МК, ДЗ-1	1
9	4	Подготовка к МК	МК	2
10	5	Подготовка к МК	МК	2
11	5	Подготовка к МК	МК	2
12	5	Подготовка к МК	МК	2
13	6	Подготовка к МК, выполнение ДЗ-2	МК	2
14	6	Подготовка к МК, выполнение ДЗ-2	МК	2
15	7	Выполнение ДЗ-2	ДЗ-2	2
16	4-6	Подготовка к КР-2	КР-2	2
17	1-6	Зачет		16
ИТОГО:				40

4.2. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ

Посещаемость практических занятий, проверка контрольных работ, проверка домашнего задания, устный опрос, активность на занятиях (МК), сдача зачета.

Контроль посещаемости

Баллы за посещаемость выставляется преподавателем в конце семестра, исходя из следующих критериев:

Общая посещаемость	Максимальный балл
100-90%	5
90-80%	4
80-70	3
70-60	2
60-50	1
Менее 50%	0

Проверка контрольных работ

КР-1 (на 7 неделе) состоит из 6 теоретических вопросов (1 вопрос из темы 1, 2 вопроса из темы 2, 3 вопроса из темы 3) и 5 задач (из тем 2 и 3). За каждый правильный ответ теоретического вопроса – по 0,5 балла, за каждую правильно решенную задачу – по 2 балла. Итого за КР-1 можно получить 13 баллов.

КР-2 (на 16 неделе) состоит из 10 теоретических вопросов (4 вопроса из темы 4, 4 вопроса из темы 5, 2 вопроса из темы 6) и 3 задач (из темы 6). За каждый правильный ответ теоретического вопроса – по 0,7 балла, за каждую правильно решенную задачу – по 2 балла. Итого за КР-2 можно получить 13 баллов.

Проверка домашних заданий

Домашнее задание 1 состоит из 6 задач (из тем 2 и 3). Задачи аналогичны тем, которые есть в КР-1. Выдается на 2-й неделе, собирается на 8-й неделе. Каждая правильно решенная задача оценивается в 1 балл. Итого за ДЗ-1 можно получить 6 баллов.

Домашнее задание 2 состоит из 6 задач (из темы 6). Задачи аналогичны тем, которые есть в КР-2. Выдается на 13-й неделе, собирается на 15-й неделе. Каждая правильно решенная задача оценивается в 2 балла. Итого за ДЗ-2 можно получить 6 баллов.

Мастер-классы

МК - продукт совместной работы студента и преподавателя над заданием, с обсуждением возможных вариантов решения. МК позволяют студенту полнее освоить материал. В ходе занятия проводится педагогическое наблюдение и анализ правильности ответов на вопросы по теме; оценивается активность студентов на занятии. Устные опросы проводятся с целью закрепить представленный ранее материал и подчеркнуть наиболее важные выводы. Аналогичные вопросы присутствуют в контрольных работах. Максимально за работы на мастер-классах можно получить за семестр **7 баллов**.

Аттестация по дисциплине

Формой аттестации является зачет, который проводится в устной форме в виде ответов на вопросы билетов. Максимальная сумма баллов за зачет – 50. 2 вопроса в билете, правильный ответ на 1 вопрос – 25 баллов.

Билеты к зачету

№ билета	Вопрос 1	Вопрос 2
1.	Давление газов. Закон Дальтона.	Молекулярная откачка.
2.	Степени вакуума. Критерий Кнудсена.	Основные параметры насоса. Объемная откачка.
3.	Средняя длина свободного пути.	Механические методы измерения вакуума.
4.	Взаимодействие молекул газа с поверхностью.	Тепловые методы измерения вакуума.
5.	Электрические явления (кривая Пашена, эмиссия электронов из твердого тела)	Измерение газовых потоков.
6.	Степень покрытия поверхности молекулами газа (уравнение Генри, уравнение Ленгмюра, уравнение БЭТ)	Методы течеискания с помощью пробного газа и пробной жидкости.
7.	Явления переноса (вязкость и	Ионная откачка.

	теплопроводность для низкого вакуума)	Хемосорбционная откачка.
8.	Физическая адсорбция и хемосорбция.	Механические методы измерения вакуума.
9.	Растворение газов в твердом теле.	Основные параметры насоса. Объемная откачка.
10.	Явления переноса (диффузия для низкого, среднего и высокого вакуума; вязкость и теплопроводность для среднего и высокого вакуума).	Методы течеискания с помощью пробного газа и пробной жидкости.
11.	Моделирование течения газа методом механики сплошной среды (режимы течения газа, уравнение газового потока через проводимость)	Тепловые методы измерения вакуума.
12.	Проводимость отверстий при низком, среднем и высоком вакууме.	Измерение газовых потоков.
13.	Проводимость трубопроводов при низком, среднем и высоком вакууме.	Молекулярная откачка.
14.	Десорбционное газовыделение. Основное уравнение вакуумной техники.	Ионная откачка. Хемосорбционная откачка.

Оценка знаний студентов осуществляется в баллах в комплексной форме с учетом:
- работы в семестре:

- оценка за посещаемость;
- оценки за контрольные работы – 2 работы;
- оценка за домашние задания – 2 работы;
- оценки за участие в МК – 14 МК;

и

- оценки знаний в ходе зачета по билетам.

Распределение баллов по видам работы

№ п/п	Вид отчетности	Баллы
1	Посещаемость занятий	5
2	Мастер-классы	7
3	Домашние задания	12
4	Контрольные работы	26
5	Зачет	50
6	Итого	100

Оценка знаний по 100-бальной шкале в соответствии с критериями СарФТИ НИЯУ МИФИ реализуется следующим образом

Сумма баллов по дисциплине	Зачет	Оценка (ECTS)	Критерии оценивания
90 – 100	Зачтено	A	«Отлично» - 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.
85-89	Зачтено	В	«Очень хорошо» - содержание курса освоено полностью, без пробелов. Необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы. Все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены. Качество выполнения большинства из них оценено числом баллов, близким к максимальному.
75-84	Зачтено	С	«Хорошо» - 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 оценено минимальным числом баллов. Некоторые виды заданий выполнены с ошибками.
65-74	Зачтено	D	«Удовлетворительно» - 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 из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.
60-64	Зачтено	E	«Посредственно» - содержание курса освоено частично. Некоторые практические навыки работы не сформированы. Многие предусмотренные программой обучения учебные задания не выполнены, либо качество выполнения некоторых из них оценено числом баллов, близким к минимальному.
Ниже 60	Не зачтено	F	«Неудовлетворительно» - очень слабые знания, недостаточные для понимания курса, имеется большое количество основных ошибок и недочетов.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по подготовке студентов для направления (специальности) 03.04.01 «Прикладная математика и физика» реализация компетентностного подхода к обучению предусматривает широкое использование в учебном процессе активных форм проведения занятий (экскурсии, разбор задач, конкретных вакуумных систем) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов. В рамках учебного курса студенты работают с лекциями, рекомендованной литературой, готовят семинары,

выполняют домашние задания. В процессе подготовки студенты используют информационные источники, размещенные в сети Интернет (официальные сайты, веб-порталы и веб-представительства организаций, предприятий и учреждений, тематические форумы и телекоммуникации), электронные учебники и учебно-методические пособия.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Розанов Л.Н. «Вакуумная техника», М. Высшая школа, 2007.
2. Шешин Е.Л. «Вакуумная технология», Интеллект, 2009.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Кузьмин В.В. Вакуумные измерения.- М.: Издательство стандартов, 1992.
2. Дешман С. Научные основы вакуумной техники. - М.: Мир, 1964.

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение включает в себя специально оборудованные ка-бинеты и аудитории: компьютерные классы, аудитории, оборудованные мультимедийными средствами обучения. В качестве лучшего восприятия предмета используются экскурсии на действующие вакуумные системы, предназначенные для откачки вакуума в импульсных ускорителях ИЯРФ РФЯЦ-ВНИИЭФ.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ И СТУДЕНТОВ)

Изучение дисциплины «Вакуумная техника» предполагает освоение материалов практических занятий, выполнение 2 контрольных работ и решение 2 домашних заданий.

На практических занятиях раскрываются основные вопросы в рамках рассматриваемой темы, ставятся акценты на наиболее сложных положениях изучаемого материала. Материалы практических занятий используются студентами для подготовки к самостоятельным занятиям.

Выполнение 2 контрольных работ, 2 домашних заданий, подготовка к практическим занятиям предусмотрены для закрепления и расширения знаний, умений и навыков, приобретенных в результате изучения дисциплины.

При оценке контрольных работ учитывается обоснованность выводов. В письменной работе студент должен полно и всесторонне рассмотреть все аспекты задания, четко сформулировать и аргументировать свою позицию по исследуемым вопросам.

Лист регистрации изменений

.

Лист регистрации изменений

Номер изменени я	Номера листов			Основание	для внесения	изменений	Подпись	Расшифровка
	замененных	новых	аннулированных					
1.								
2.								
3.								
4.								
5.								
6.								
7.								
8.								
9.								