

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
электроники, фотоники и
молекулярной физики
В.В. Иванов**

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Основы вакуумной и катодной техники
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Физика перспективных технологий: электроника и квантовые технологии Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра вакуумной электроники
курс:	4
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 7 (осенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 15 час.

Всего часов: 45, всего зач. ед.: 1

Программу составил: Е.П. Шешин, д-р физ.-мат. наук, профессор

Программа обсуждена на заседании кафедры вакуумной электроники 04.04.2022

Аннотация

Курс посвящен основам вакуумной и катодной техники. Рассматриваются основные принципы, необходимые для производства вакуумных приборов, такие как физические особенности кинетики газовой среды при откачке, основы процесса откачки. Рассмотрено основное управление вакуумной техники. Особое внимание уделено рассмотрению техники получения и измерения вакуума, т.к. они являются основополагающими при производстве вакуумных СВЧ приборов. Также рассмотрены крайне необходимые в технологии откачки вакуумных приборов различные элементы вакуумных систем, такие как вакуумные материалы, вакуумно-герметичная пайка, разборные соединения и.т.д. Дополнительно введен раздел описания вакуумных систем, используемых в АО «Плутон». Обязательный пункт это вакуумная гигиена и техника безопасности в вакуумной технике. Рассмотрены основные типы катодов, используемых в СВЧ приборах.

Задачи дисциплины:

ознакомление студентов с основами вакуумной и катодной техники

В результате освоения данной дисциплины студенты должны знать:

основные принципы откачки

Уметь:

Анализировать работу, вакуумных откачных средств и формулирование требований к откачным устройствам для новых электронных приборов

Владеть:

Простейшими методами анализа откачных устройств электронных приборов

Основное содержание курса изложено в следующих разделах:

1. Основные принципы
2. Техника получения вакуума
3. Техника измерения вакуума
4. Элементы вакуумных систем СВЧ
5. Вакуумные системы, используемые в «Плутоне»
6. Основы вакуумной гигиены
7. Катоды-общие положения
8. Термоэлектронные катоды
9. Автоэлектронные катоды
10. Вторично-эмиссионные катоды
11. Особенности взаимодействия различных типов катодов в электронных приборах.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

Знакомство студентов с основами вакуумной и катодной техники.

Задачи дисциплины

Ознакомление студентов с принципами откачки вакуумных СВЧ приборов.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации,	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи

применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики
	ПК-1.4 Умеет строить математические модели для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные принципы откачки.

уметь:

- анализировать работу, вакуумных откачных средств и формулирование требований к откачным устройствам для новых электронных приборов.

владеть:

- простейшими методами анализа откачных устройств электронных приборов.

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

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Основные принципы вакуумной техники	2			2
2	Техника получения вакуума	4			2
3	Техника измерения вакуума	2			1
4	Элементы вакуумных систем СВЧ	2			1
5	Вакуумные системы, используемые в «Плутоне»	2			1
6	Основы вакуумной гигиены	2			2
7	Катоды. Общие положения	2			2
8	Термоэлектронные катоды	4			1
9	Автоэлектронные катоды	4			1
10	Вторично-эмиссионные катоды	2			1
11	Особенности взаимодействия различных типов катодов в электронных приборах	4			1
Итого часов		30			15
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		45 час., 1 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 7 (Осенний)

1. Основные принципы вакуумной техники

Газовые законы
Законы идеальных газов
Испарение, конденсация, понятия «газ», «пар» .
Тепловое движение молекул
Давление с точки зрения кинетической теории
Свойства газов в зависимости от степени вакуума
Средняя длина свободного пробега
Степени вакуума
Соударения молекул и поток газа
Диффузия газов
Теплопроводность и внутреннее трение газов .
Основы процесса откачки
Быстрота откачки объема и быстрота действия насоса
Сопротивление и пропускная способность вакуумпровода
Основное уравнение вакуумной техники

2. Техника получения вакуума

Объемные вращательные механические насосы
Вращательные насосы с масляным уплотнением
Вращательные механические безмасляные насосы
Объемные возвратно-поступательные насосы
Диафрагменные насосы
Турбомолекулярные насосы
Пароструйные насосы
Эжекторные и бустерные насосы
Диффузионные насосы
Геттерные насосы
Геттерно-ионные насосы
Магниторазрядные насосы
Криогенные насосы
Цеолитовые насосы

3. Техника измерения вакуума

Вакуумметры
Абсолютные вакуумметры
Емкостные манометры
Тепловые вакуумметры
Электронные ионизационные вакуумметры
Магнитные электроразрядные вакуумметры
Современные конструкции
Газоанализаторы
Классификация анализаторов
Статические масс-спектрометры с разделением ионов в магнитном поле
Циклоидальный масс-спектрометр (трохотрон)
Времяпролетный масс-спектрометр (хронотрон) ..
Резонансный радиочастотный масс-спектрометр (омегатрон)
Квадрупольный и монополярный масс-спектрометры
Измерение газовых потоков
Методы измерения газовых потоков
Аппаратура измерения больших газовых потоков
Автоматические системы регулирования газовых потоков

Течеискание
Количественная оценка течи
Компрессионный метод
Искровой течеискатель...
Манометрический метод
Галоидный течеискатель
Гелиевый течеискатель.

4. Элементы вакуумных систем СВЧ

Элементы вакуумных систем
Вакуумные материалы
Металлы
Стекла
Керамические материалы
Органические материалы
Неразъемные соединения
Вакуумно-герметичная пайка
Сварные соединения
Элементы вакуумных систем
Разъемные соединения
Простейшие разъемные соединения
Соединения с эластомерными уплотнителями
Соединения с металлическими уплотнителями
Запорная арматура
Требования, предъявляемые к запорной арматуре
Запорная арматура вакуумных систем с давлением больше $5 \cdot 10^{-7}$ мм рт. ст
Запорная арматура вакуумных систем с давлением меньше $5 \cdot 10^{-7}$ мм рт.ст
Устройства аварийного перекрытия трубопроводов
Натекатели
Смотровые окна
Электрические вакуумные вводы
Низковольтные вакуумные вводы
Высоковольтные вакуумные вводы
Коаксиальные вводы
Основные требования к ловушкам
Ловушки без адсорбента
Адсорбционные ловушки
Термосорбционные ловушки
Электрические ловушки

5. Вакуумные системы, используемые в «Плутоне»

Описание оборудования и применяемых вакуумных систем в производствах вакуумных приборов на АО "Плутон"

6. Основы вакуумной гигиены

Электробезопасность
Вакуумная безопасность
Термическая безопасность
Системы высокого давления

7. Катоды. Общие положения

Устройство и характеристики катодов, применяемых в электровакуумных приборах

8. Термоэлектронные катоды

Устройство и характеристики термоэлектронных катодов. Область применения. Достоинства и недостатки.

9. Автоэлектронные катоды

Устройство и характеристики автоэлектронных катодов. Область применения. Достоинства и недостатки.

10. Вторично-эмиссионные катоды

Устройство и характеристики вторично-эмиссионных катодов. Область применения. Достоинства и недостатки.

11. Особенности взаимодействия различных типов катодов в электронных приборах

Особенности взаимодействия различных типов катодов в электронных приборах: описание возможных схем использования в приборах вакуумной техники.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

учебная аудитория, снабженная проектором и экраном, доской.

6.Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

Литература выдается студентам на кафедре.

1. Шешин Е.П. «Вакуумные технологии» Изд. Дом Интеллект, Долгопрудный, 2009

Дополнительная литература

Литература выдается студентам на кафедре.

1. Сушков А.Д. Вакуумная электроника, СПб.: Лань, 2004

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Не используются

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

не предусмотрены.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения дисциплины, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к преподавателю.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Физика перспективных технологий: электроника и квантовые технологии Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра вакуумной электроники
курс:	4
квалификация:	бакалавр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 7 (осенний) - Дифференцированный зачет	
Разработчик:	Е.П. Шешин, д-р физ.-мат. наук, профессор

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики
	ПК-1.4 Умеет строить математические модели для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Основы вакуумной и катодной техники» обучающийся должен:

знать:

- основные принципы откачки.

уметь:

- анализировать работу, вакуумных откачных средств и формулирование требований к откачным устройствам для новых электронных приборов.

владеть:

- простейшими методами анализа откачных устройств электронных приборов.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

В целях текущего контроля успеваемости предусмотрен краткий опрос студентов по теме предыдущего занятия.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Вопросы к дифференцированному зачету:

1. Тепловое движение молекул. Давление с точки зрения кинетической теории
2. Техника получения вакуума. Объемные вращательные механические насосы
3. Электронные ионизационные вакуумметры. Магнитные электроразрядные вакуумметры
4. Органические материалы. Неразъемные соединения
5. Вакуумные системы, используемые в «Плутоне»
6. Основы вакуумной гигиены Линейная теория ЛБВ. Безразмерные параметры. Параметр усиления Пирса и парциальные волны. Коэффициент усиления ЛБВ и полоса усиления ЛБВ.
7. Катоды-общие положения
8. Термоэлектронные катоды
9. Автоэлектронные катоды
10. Вторично-эмиссионные катоды
11. Особенности взаимодействия различных типов катодов в электронных приборах.

Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 бала - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 бала - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 бала - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 бал - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Опрос на дифференцированном зачете проводится после подготовки студента в течение не менее 40 минут.