

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО УМС ЛАПЛАЗ

Протокол № 1/08-577

от 29.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
СОРБЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ВАКУУМНОЙ ТЕХНИКЕ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 16.03.01 Техническая физика

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	KCP, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
7	3	108	32	16	0		30	0	Э
Итого	3	108	32	16	0	0	30	0	

АННОТАЦИЯ

Дисциплина преподаётся с целью дать знания о сорбционных процессах, проходящих на поверхности твердых тел и оказывающих значительное влияние на протекание процессов на поверхности в масс-спектральных устройствах.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью курса является получение студентами знаний по физическим основам сорбционных процессов в вакууме; научить студентов подходу к оценке влияния сорбционных процессов на состояние поверхности твердого тела и газовой среды в вакуумных системах.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Сорбционные процессы в вакуумной технике является важной, современной и перспективной дисциплиной в научно исследовательской и инженерно – внедренческой работе инженера-физика. В качестве базовых знаний для усвоения дисциплины необходимы знания стандартного цикла курсов общей физики и высшей математики.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	------------------------------------------------------

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
			научно-исследовательский
Применение эффективных методов исследования физико-технических объектов, процессов и материалов. Проведение стандартных и сертификационных испытаний технологических процессов и изделий с	Наноразмерные системы, атомно-молекулярные смеси, масс-спектрометрия и спектрометрия ионной подвижности, композиционные материалы.	ПК-2.1 [1] - Способен участвовать в проведении теоретических и аналитических исследований в предметной области, в построении физических, математических и компьютерных моделей изучаемых процессов и	З-ПК-2.1[1] - Знать физико-теоретические концепции, аналитические методы, методы обработки экспериментальных данных в области физики наноразмерных и неравновесных систем, масс-

использованием современных аналитических средств технической физики.		явлений. <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011, 40.044, 40.104, 40.167	спектрометрии и спектрометрии ионной подвижности, композиционных материалов.; У-ПК-2.1[1] - Уметь применять физико-теоретические концепции, аналитические методы, методы обработки экспериментальных данных в области физики наноразмерных и неравновесных систем, масс-спектрометрии и спектрометрии ионной подвижности, композиционных материалов.; В-ПК-2.1[1] - Владеть аналитическими методами, методами обработки экспериментальных данных в области физики наноразмерных и неравновесных систем, масс-спектрометрии и спектрометрии ионной подвижности, композиционных материалов.
----------------------------------------------------------------------	--	------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (В17)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования чувства личной ответственности за достижение лидерства России в ведущих научно-технических секторах и фундаментальных исследованиях, обеспечивающих ее экономическое

развитие и внешнюю безопасность, посредством контекстного обучения, обсуждения социальной и практической значимости результатов научных исследований и технологических разработок.

2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования социальной ответственности ученого за результаты исследований и их последствия, развития исследовательских качеств посредством выполнения учебно-исследовательских заданий, ориентированных на изучение и проверку научных фактов, критический анализ публикаций в профессиональной области, вовлечения в реальные междисциплинарные научно-исследовательские проекты.

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел* [*]	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>7 Семестр</i>						
1	Тема 1	1-8	16/8/0		25	УО-8	З-ПК-2.1, У-ПК-2.1, В-ПК-2.1
2	Тема 2	9-16	16/8/0		25	УО-15	З-ПК-2.1, У-ПК-2.1, В-ПК-2.1
	<i>Итого за 7 Семестр</i>		32/16/0		50		
	Контрольные мероприятия за 7 Семестр				50	Э	З-ПК-2.1, У-ПК-2.1, В-ПК-2.1

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
УО	Устный опрос
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>7 Семестр</i>	32	16	0
1-8	Тема 1	16	8	0
1 - 2	Введение Роль сорбционных процессов в масс-спектрометрии. Общие сведения об атомах. Основные положения и идеи современной квантовой теории. Современные представления о строении атомов: квантовые числа, квантово-механические модели атомов, порядок заполнения электронных оболочек атомов, периодичность свойств элементов, потенциалы ионизации и валентность атомов, размеры атомов. Механизм возникновения сил притяжения между нейтральными атомами.	Всего аудиторных часов 4 Онлайн 0	2 0	0
3 - 4	Термодинамика и сорбционные явления. Закономерности сорбционных явлений Термодинамика и сорбционные явления. Термодинамическая система. Степени свободы. Внутренняя энергия системы. Энталпия. Энтропия. Термодинамические потенциалы и условия самопроизвольного протекания процесса. Энергия активации. Закономерности сорбционных явлений. Два вида сорбционных взаимодействий. Физическая адсорбция: адсорбция неполярных молекул на неполярном адсорбенте, адсорбция неполярных молекул на твердых телах с ионной решеткой (полярных адсорбен-тах), адсорбция полярных молекул на неполярных адсорбентах.	Всего аудиторных часов 4 Онлайн 0	2 0	0
5 - 6	Кинетика сорбционных процессов. Закономерности сорбционных явлений Кинетика сорбционных процессов. Конкуренция между молекулами при адсорбции. Влияние адсорбции на объемные свойства материалов. Воздействие газов на металлы. Хемосорбция кислорода на металлах и перестройка атомного порядка в поверхностном слое. Механизм роста окисных пленок на поверхности металлов при низких температурах. Влияние состояния поверхности на развитие окисных пленок. Влияние окисных пленок на вакуумные свойства металлических	Всего аудиторных часов 4 Онлайн 0	2 0	0

	деталей.									
7 - 8	<p>Процессы полимеризации молекул при электрон-ной и ионной бомбардировке.</p> <p>Процессы полимеризации молекул при электронной и ионной бомбардировке. Разрушение поверхностных окисных пленок ионной бомбардировкой.</p> <p>Десорбция газа с поверхности электродов.</p> <p>Десорбция газа с поверхности электродов. Влияние состояния поверхности электродов на вакуум в системе.</p> <p>Возможные процессы разрушения поверхностных пленок на электродах: испарение и диссоциации окисных пленок при нагреве, восстановление по-верхностных окислов водородом, восстановление поверхностных пленок углеродом, растворение окислов в объеме металлов.</p>	<p>Всего аудиторных часов</p> <table border="1"> <tr> <td>4</td> <td>2</td> <td>0</td> </tr> </table> <p>Онлайн</p> <table border="1"> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table>	4	2	0	0	0	0		
4	2	0								
0	0	0								
9-16	Тема 2	16	8	0						
9 - 10	<p>Сорбция и выделение газов материалами</p> <p>Сорбция и выделение газов материалами. Состав газовой среды в вакуумных системах при низких давлениях.</p> <p>Поверхностные реакции при термическом обезгаживании поверхности электродов. Обратимость сорбционных процессов. Влияние температуры и каталитической активности.</p> <p>Механизм электрического пробоя вакуума.</p> <p>Механизм электрического пробоя вакуума. Стадии искрового пробоя в вакууме. Характеристики искро-вого разряда. Процессы переноса материала с одного электрода на другой, стимулированные высоким напряжением.</p>	<p>Всего аудиторных часов</p> <table border="1"> <tr> <td>4</td> <td>2</td> <td>0</td> </tr> </table> <p>Онлайн</p> <table border="1"> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table>	4	2	0	0	0	0		
4	2	0								
0	0	0								
11 - 12	<p>Процессы в аналитических устройствах масс-спектрометров</p> <p>Десорбция газа под воздействием высоковольтных электрических полей. Механизмы десорбции. Карбидизация вольфрамовых катодов при анализе углеродосодержащих газов. Срок службы катодов при анализе органических газов.</p>	<p>Всего аудиторных часов</p> <table border="1"> <tr> <td>4</td> <td>2</td> <td>0</td> </tr> </table> <p>Онлайн</p> <table border="1"> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table>	4	2	0	0	0	0		
4	2	0								
0	0	0								
13 - 14	<p>Эффект памяти</p> <p>Эффект памяти в масс-спектрометрическом анализе и способы его снижения. Термическое обезгаживание аналитических вакуумных узлов, промывка потоком газа. Критерии выбора «промывочного» газа.</p>	<p>Всего аудиторных часов</p> <table border="1"> <tr> <td>4</td> <td>2</td> <td>0</td> </tr> </table> <p>Онлайн</p> <table border="1"> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table>	4	2	0	0	0	0		
4	2	0								
0	0	0								
15 - 16	<p>Ошибки масс-спектрометрического анализа</p> <p>Ошибки в масс-спектрометрическом анализе активных газов (пары H₂O, фториды урана), пассивация внутренней поверхности вакуумных камер аналитической системы.</p>	<p>Всего аудиторных часов</p> <table border="1"> <tr> <td>4</td> <td>2</td> <td>0</td> </tr> </table> <p>Онлайн</p> <table border="1"> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table>	4	2	0	0	0	0		
4	2	0								
0	0	0								

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции

ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	7 Семестр
1 - 8	<p>1</p> <p>Введение. Роль сорбционных процессов в масс-спектрометрии. Общие сведения об атомах. Основные положения и идеи современной квантовой теории. Современные представления о строении атомов: квантовые числа, квантово-механические модели атомов, порядок заполнения электронных оболочек атомов, периодичность свойств элементов, потенциалы ионизации и валентность атомов, размеры атомов. Механизм возникновения сил притяжения между нейтральными атомами.</p> <p>Термодинамика и сорбционные явления. Термодинамика и сорбционные явления. Термодинамическая система. Степени свободы. Внутренняя энергия системы. Энталпия. Энтропия. Термодинамические потенциалы и условия самопроизвольного протекания процесса. Энергия активации. Закономерности сорбционных явлений. Закономерности сорбционных явлений. Два вида сорбционных взаимодействий. Физическая адсорбция: адсорбция неполярных молекул на неполярном адсорбенте, адсорбция неполярных молекул на твердых телах с ионной решеткой (полярных адсорбентах), адсорбция полярных молекул на неполярных адсорбентах. Кинетика сорбционных процессов. Кинетика сорбционных процессов. Конкуренция между молекулами при адсорбции. Влияние адсорбции на объемные свойства материалов. Воздействие газов на металлы. Хемосорбция кислорода на металлах и перестройка атомного порядка в поверхностном слое. Механизм роста окисных пленок на поверхности металлов. Механизм роста окисных пленок на поверхности металлов при низких температурах. Влияние состояния поверхности на развитие окисных пленок. Влияние окисных пленок на вакуумные свойства металлических деталей. Процессы полимеризации молекул при электронной и ионной бомбардировке. Процессы полимеризации молекул при электронной и ионной бомбардировке. Разрушение поверхностных окисных пленок ионной бомбардировкой. Десорбция газа с поверхности электродов. Десорбция газа с поверхности электродов. Влияние состояния поверхности электродов на вакуум в системе. Возможные процессы разрушения поверхностных пленок на электродах: испарение и диссоциации окисных пленок при нагреве, восстановление поверхностных окислов водородом, восстановление поверхностных пленок углеродом, растворение окислов в объеме металлов.</p>
9 - 12	<p>2</p> <p>Сорбция и выделение газов материалами. Сорбция и выделение газов материалами. Состав газовой среды в вакуумных системах при низких давлениях. Поверхностные реакции при термическом обезгаживании поверхности электродов. Обратимость сорбционных процессов.</p>

	<p>Влияние температуры и каталитической активности.</p> <p>Механизм электрического пробоя вакуума.</p> <p>Механизм электрического пробоя вакуума. Стадии искрового пробоя в вакууме.</p> <p>Характеристики искрового разряда. Процессы переноса материала с одного электрода на другой, стимулированные высоким напряжением.</p> <p>Процессы в аналитических устройствах масс-спектрометров.</p> <p>Десорбция газа под воздействием высоковольтных электрических полей. Механизмы десорбции. Карбидизация вольфрамовых катодов при анализе углеродсодержащих газов. Срок службы катодов при анализе органических газов.</p> <p>Эффект памяти.</p> <p>Эффект памяти в масс-спектрометрическом анализе и способы его снижения.</p> <p>Термическое обезгаживание аналитических вакуумных узлов, промывка потоком газа.</p> <p>Критерии выбора «промывочного» газа.</p> <p>Ошибки масс-спектрометрического анализа.</p> <p>Ошибки в масс-спектрометрическом анализе активных газов (пары H₂O, фториды урана), пассивация внутренней поверхности вакуумных камер аналитической системы.</p>
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Курс реализует компетентностный подход и предусматривает широкое использование в учебном процессе активных форм проведения занятий (компьютерные практикумы, разбор домашних заданий, система контрольно-измерительных материалов, включая тесты) а также, проведение занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов.

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ПК-2.1	З-ПК-2.1	Э, УО-8, УО-15
	У-ПК-2.1	Э, УО-8, УО-15
	В-ПК-2.1	Э, УО-8, УО-15

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69		E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
Ниже 60	3 – «удовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 621.5 Р64 Вакуумная техника : учебник для вузов, Розанов Л.Н., Москва: Высшая школа, 2007
2. ЭИ М 54 Методы расчета сложных вакуумных систем : , , Москва: Техносфера, 2012
3. ЭИ О-75 Основы физических процессов в плазме и плазменных установках : учебное пособие для вузов, Жданов С.К. [и др.], Москва: МИФИ, 2007
4. 543 С56 Современные методы масс-спектрометрии : лабораторный практикум, Фролов А.С. [и др.], Москва: МИФИ, 2008

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Для успешного обучения по данной дисциплине студент должен знать: основные понятия общей и статистической физики, а также знать основы математического, векторного и тензорного анализа. Курс разбит на 2 раздела.

Текущий контроль представлен следующим видом аттестации:

- Устный опрос.

На выбор преподавателя студенту выдается 2 вопроса из перечисленного списка вопросов. Время на подготовку – не более 40 минут. В рамках предложенных тем вопросов, преподаватель может задавать обобщающие вопросы, охватывающие несколько тем, или конкретные задачи-проблемы группе (два и более) студентов с целью оценить работу студентов в коллективе, а так же роль и активность отдельных студентов.

Методика проведения оценивания студентов на рубежном контроле основывается на Устном опросе. В рамках данной методики, оценка в баллах выставляется студенту на основании результатов Текущего контроля отдельно для первой половины семестра и отдельно - для второй. Успешное прохождение студентом рубежного контроля отвечает диапазону 15-25 баллов по итогам каждого КИ.

Форма реализации промежуточного контроля - экзамен. К экзамену допускаются студенты, имеющие по итогам и в сумме не менее 30 баллов. Максимальная оценка на экзамене составляет 50 баллов.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

В помощь лектору и ведущим лабораторный практикум рекомендуется использовать литературу в соответствии с темами работ.

Необходимо дать возможность студентам усвоить сущность дисциплины, заключающуюся в освоении принципов успешного преодоления различного рода факторов, возникающих при пользовании вакуумными и высоковакуумными приборами и средствами. Объяснить основные компоненты и стадии, на которые следует обратить особое внимание, при работе с вакуумным оборудованием. Кроме этого, важно четко показать студентам на практическом примере основные факторы имеющие место в высоковакуумных системах при транспортировке ионных пучков.

Автор(ы):

Сысоев Александр Алексеевич, д.ф.-м.н., профессор

Рецензент(ы):

Иванов В.П.