

**Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

Направление подготовки/специальность: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Нанотехнологии и наноматериалы в энергетике

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Процессы на поверхности раздела фаз**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Крюков А.П.
	Идентификатор	R9b81f956-KryukovAP-8dacf4ed

А.П. Крюков

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Макаров П.Г.
	Идентификатор	R9a51899a-MakarovPG-4f257daf

П.Г.
Макаров

Заведующий
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Пузина Ю.Ю.
	Идентификатор	Re86e9a56-Puzina-4d2acad1

Ю.Ю.
Пузина

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-3 Способен к разработке наноразмерных материалов и устройств
ИД-2 Знает методы определения параметров эффективных низкоразмерных устройств и способен провести их оценку

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Процессы на границе раздела фаз (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Основные понятия и методы анализа поверхности (Перекрестный опрос)
2. Основные характеристики процессов адсорбции и десорбции (Перекрестный опрос)
3. Приборы и методы анализа поверхности (Перекрестный опрос)

БРС дисциплины

8 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Основные понятия и методы анализа поверхности (Перекрестный опрос)
- КМ-2 Приборы и методы анализа поверхности (Перекрестный опрос)
- КМ-3 Основные характеристики процессов адсорбции и десорбции (Перекрестный опрос)
- КМ-4 Процессы на границе раздела фаз (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	16
Поверхность: основные понятия и методы анализа					
Определение понятия поверхности			+		+
Понятия и уравнения вакуумной техники		+		+	
Методы анализа поверхности			+		+

Адсорбция и десорбция				
Основные определения			+	
Кинетика адсорбции, скорость адсорбции			+	
Анализ экспериментальных данных по криовакуумной откачке гелия	+		+	
Термическая десорбция			+	
Моделирование взаимодействий атомов газа с поверхностью твердого тела				
Модели взаимодействий	+		+	
Численное моделирование взаимодействия атома газа с блоком атомов твердого тела		+	+	+
Процессы переноса на межфазной поверхности гелия II				
Отражение звука от межфазной поверхности сверхтекучего гелия		+	+	+
Движение He-II в капилляре с паром при наличии продольного теплового потока			+	
Вес КМ:	20	20	20	40

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-3	ИД-2ПК-3 Знает методы определения параметров эффективных низкоразмерных устройств и способен провести их оценку	Знать: возможности и особенности применения различных методов исследования поверхностей основы физики адсорбции и десорбции и специфику процессов переноса на поверхности сверхтекучего гелия Уметь: выполнять расчеты проводимости вакуумных трубопроводов и быстроты откачки объемов, обосновывать применение метода исследования поверхностей осуществлять расчеты теплоты адсорбции и параметров различных изотерм сорбции, применять методы интерпретации	КМ-1 Основные понятия и методы анализа поверхности (Перекрестный опрос) КМ-2 Приборы и методы анализа поверхности (Перекрестный опрос) КМ-3 Основные характеристики процессов адсорбции и десорбции (Перекрестный опрос) КМ-4 Процессы на границе раздела фаз (Контрольная работа)

		экспериментальных данных по взаимодействию молекул газа с межфазной областью	
--	--	---	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Основные понятия и методы анализа поверхности

Формы реализации: Устная форма

Тип контрольного мероприятия: Перекрестный опрос

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Устный опрос студентов. Задается вопрос. Сперва отвечают желающие. Если желающих нет, то опрашивание ведется по списку до тех пор, пока каждый студент не получит хотя бы один вопрос.

Краткое содержание задания:

Ответьте на следующие вопросы:

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: выполнять расчеты проводимости вакуумных трубопроводов и скорости откачки объемов, обосновывать применение метода исследования поверхностей	1. Как рассчитать быстроту действия насоса? 2. Чем определяется быстрота откачки объема? 3. Каково определение проводимости и потока? 4. Каково основное уравнение вакуумной техники? 5. Как проводится расчет скорости действия насоса в свободномолекулярном и сплошнородном пределах?

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется, если ответ на вопрос(-ы) получен в полном объеме или преимущественно в полном объеме

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется, если большая часть вопроса(-ов) раскрыта, но не в достаточно полной мере

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется, если направление ответа на вопрос(-ы) в целом выбрано верно

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если ответ на вопрос(-ы) не получен или был дан совершенно в неправильном направлении

КМ-2. Приборы и методы анализа поверхности

Формы реализации: Устная форма

Тип контрольного мероприятия: Перекрестный опрос

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Устный опрос студентов. Задается вопрос. Сперва отвечают желающие. Если желающих нет, то опрашивание ведется по списку до тех пор, пока каждый студент не получит хотя бы один вопрос.

Краткое содержание задания:

Ответьте на следующие вопросы:

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: возможности и особенности применения различных методов исследования поверхностей	1.Какие методы анализа поверхности вам знакомы? 2.Какие физические принципы лежат в основе такого метода анализа поверхности, как дифракция электронов? 3.Каковы основные принципы электронной спектроскопии? 4.Дайте определение и опишите принцип действия сканирующей зондовой микроскопии? 5.Каково устройство и в чем состоит принцип действия атомно-силового микроскопа? 6.Какие режимы работы АСМ вам знакомы? 7.Какие ограничения накладываются на различные методы анализа поверхности?
Уметь: осуществлять расчеты теплоты адсорбции и параметров различных изотерм сорбции, применять методы интерпретации экспериментальных данных по взаимодействию молекул газа с межфазной областью	1.Какую предварительную подготовку поверхности необходимо произвести перед анализом при помощи сканирующей электронной микроскопии?

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется, если ответ на вопрос(-ы) получен в полном объеме или преимущественно в полном объеме

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется, если большая часть вопроса(-ов) раскрыто, но не в достаточно полной мере

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется, если направление ответа на вопрос(-ы) в целом выбрано верно

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если ответ на вопрос(-ы) не получен или был дан совершенно в неправильном направлении

КМ-3. Основные характеристики процессов адсорбции и десорбции

Формы реализации: Устная форма

Тип контрольного мероприятия: Перекрестный опрос

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Устный опрос студентов. Задается вопрос. Сперва отвечают желающие. Если желающих нет, то опрашивание ведется по списку до тех пор, пока каждый студент не получит хотя бы один вопрос.

Краткое содержание задания:

Ответьте на следующие вопросы:

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: основы физики адсорбции и десорбции и специфику процессов переноса на поверхности сверхтекучего гелия	1.Что такое адсорбция и десорбция? 2.Каковы основные механизмы физической и химической сорбции? 3.Дайте определение изотермам, изостерам и изобарам сорбции 4.Что такое термическая десорбция? 5.Каково выражение уравнения Генри для изотермы адсорбции и каковы условия его применимости? 6.Как выглядит уравнение изотермы Ленгмюра? 7.В чем особенность метода БЭТ (Брунауэра, Эммета, Теллера)? 8.Расскажите об уравнении Полани-Вигнера? 9.Дайте определение понятия порядка кинетики десорбции? 10.Как зависимость давления от времени для режима криозахвата проявляется на практике?
Уметь: выполнять расчеты проводимости вакуумных трубопроводов и скорости откачки объемов, обосновывать применение метода исследования поверхностей	1.Каково выражение для изменения количества частиц на единице площади в единицу времени?
Уметь: осуществлять расчеты теплоты адсорбции и параметров различных изотерм сорбции, применять методы интерпретации экспериментальных данных по взаимодействию	1.Как найти теплоту сорбции по изостерам? 2.Как проводится расчет теплоты адсорбции по изостерам сорбции и

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
молекул газа с межфазной областью	по заданным временам жизни атомов на поверхности твердого тела? 3.Опишите алгоритм расчета величин покрытия слоя адсорбата по изотермам Генри и Лэнгмюра?

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется, если ответ на вопрос(-ы) получен в полном объеме или преимущественно в полном объеме

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется, если большая часть вопроса(-ов) раскрыта, но не в достаточно полной мере

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется, если направление ответа на вопрос(-ы) в целом выбрано верно

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если ответ на вопрос(-ы) не получен или был дан совершенно в неправильном направлении

КМ-4. Процессы на границе раздела фаз

Формы реализации: Билеты (письменный опрос)

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 40

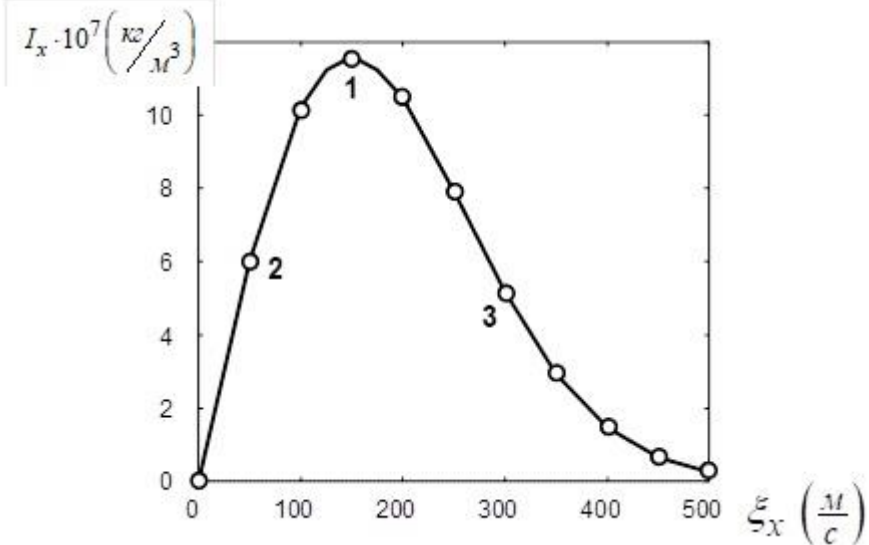
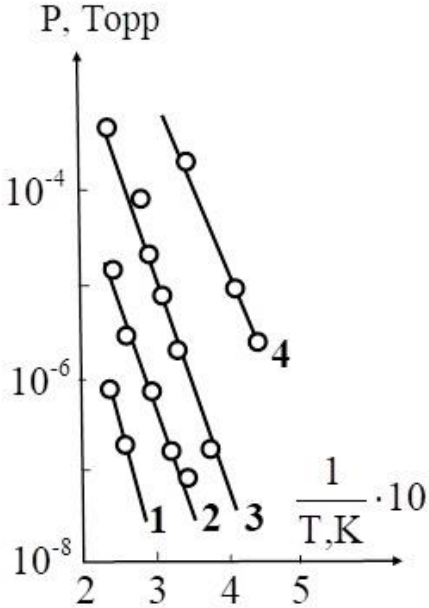
Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты по очереди вытягивают билеты, расположенные на столе текстом вниз. Записывается номер билета и время начала подготовки ответа. Через определенное время (по умолчанию час) студенты сдают листы с решением контрольной работы.

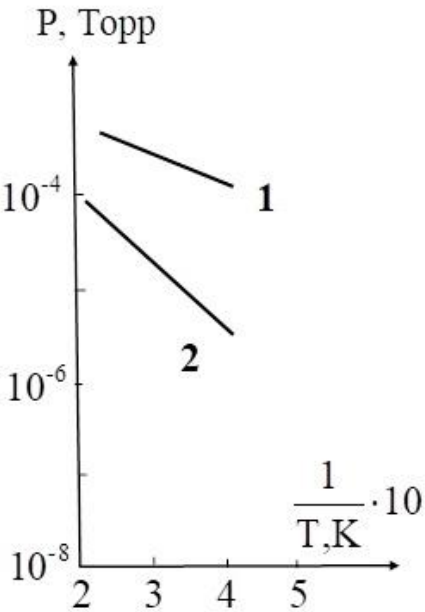
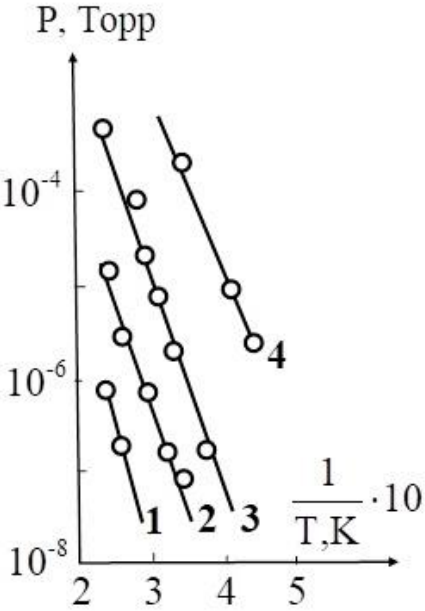
Краткое содержание задания:

Письменно ответьте на вопрос или решите задачу

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: возможности и особенности применения различных методов исследования поверхностей	1.Кантилевер АСМ имеет массу 40 нг ($40 \cdot 10^{-9} \text{ г}$) и коэффициент жесткости $K = 20 \text{ Н/м}$. Чему равна величина наибольшего смещения зонда, если амплитуда колебаний вынуждающей силы равна 80 нН , а $\gamma/(m \cdot \omega_0) = 0,7$?
Уметь: осуществлять расчеты теплоты	1.Экспериментальные данные, представляющие зависимость I_x от ξx для потока десорбированных атомов неона, показаны на

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
адсорбции и параметров различных изотерм сорбции, применять методы интерпретации экспериментальных данных по взаимодействию молекул газа с межфазной областью	рисунке точками, где f - функция распределения, I_x - дано, ξ_x - проекция скорости атома неона на ось x. Чему равна температура и плотность потока массы десорбированных атомов? $I_x = m \left(\int_{-\infty}^{+\infty} d\xi_y \int_{-\infty}^{+\infty} f d\xi_z \right) \cdot \xi_x$  2. Найдите величину покрытия слоя твердого азота гелием при давлении 10^{-3} Па и температуре поверхности 4,2 К, если соответствующая изостера сорбции имеет вид, представленный на рисунке линией 3.  3. Насколько отличаются друг от друга теплоты адсорбции гелия на слоях неона для концентрации 0.1% (линия 1) и ксенона для концентрации 4% (линия 2), если соответствующие изостеры

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	сорбции имеют следующий вид (см. рисунок)?  4. Как найти величину покрытия слоя твердого азота гелием, оказавшимся на поверхности в результате адсорбции азотом для заданных давления и температуры, если известен вид соответствующей изостеры сорбции, представленной например линией 3 на следующем рисунке? Ответ должен содержать количественную информацию.  5. Найдите значение равновесного давления гелия, устанавливающегося в результате адсорбции этого газа твердым азотом при температуре поверхности 4,2 К, если величина покрытия слоя азота гелием составляет 1,5 монослоя. Соответствующая изостера сорбции представлена на рисунке линией 4.

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто, выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

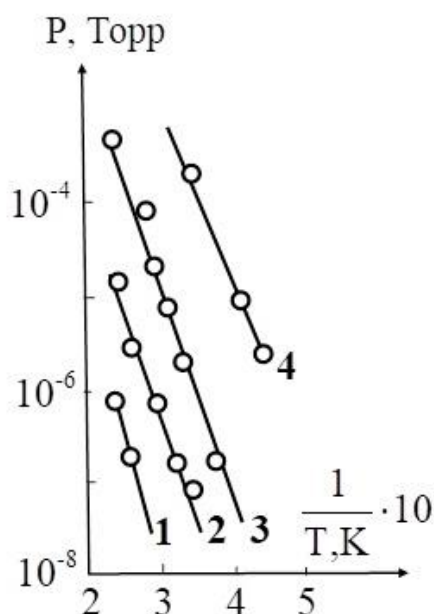
СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Для какого количества монослоев гелия равновесное давление, устанавливающееся в системе при адсорбции газообразного гелия азотом, равно $7 \cdot 10^{-2}$ Па при температуре 4,2 К. Изостера сорбции имеет вид, представленный на рисунке линией 3 для концентрации гелия в азоте $C = 2\%$. Какое количество слоев азота обеспечивает такую концентрацию? Известно, что диаметр атома гелия — $2,6 \cdot 10^{-10}$ м, а молекулы азота — $3,6 \cdot 10^{-10}$ м.



2. Коэффициент отражения звука от межфазной поверхности сверхтекучего гелия. Предельные значения. Зависимость от коэффициента конденсации.

Процедура проведения

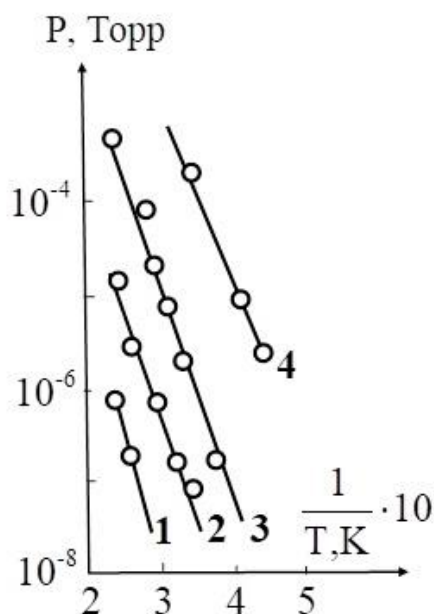
Студенты по очереди вытягивают билеты, расположенные на столе текстом вниз. Записывается номер билета и время начала подготовки ответа. Через определенное время (по умолчанию час) студенты с расписанными ответами подходят к преподавателю и начинают рассказывать билет своими словами.

1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

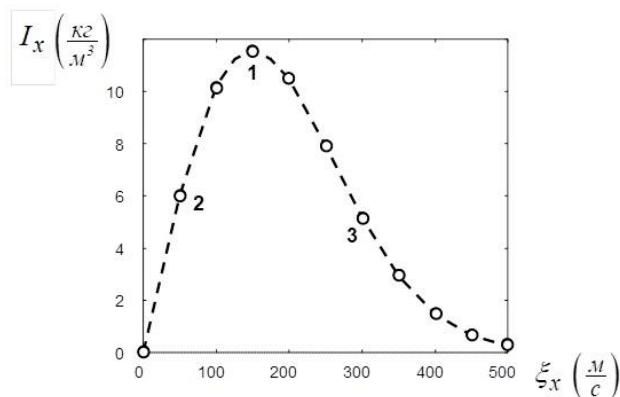
1. Компетенция/Индикатор: ИД-2_{ПК-3} Знает методы определения параметров эффективных низкоразмерных устройств и способен провести их оценку

Вопросы, задания

1.1. Для какого количества монослоев гелия равновесное давление, устанавливающееся в системе при адсорбции газообразного гелия азотом, равно $7 \cdot 10^{-2}$ Па при температуре 4,2 К. Изостера сорбции имеет вид, представленный на рисунке линией 3 для концентрации гелия в азоте $C = 2\%$. Какое количество слоев азота обеспечивает такую концентрацию? Известно, что диаметр атома гелия — $2,6 \cdot 10^{-10}$ м, а молекулы азота — $3,6 \cdot 10^{-10}$ м.



2. Коэффициент отражения звука от межфазной поверхности сверхтекучего гелия. Предельные значения. Зависимость от коэффициента конденсации.
- 2.1. Определите величину коэффициента энергетической аккомодации атома неона, взаимодействующего с поверхностью, состоящей из атомов аргона для модели «треугольной» потенциальной ямы, глубина которой составляет $0,005$ эВ. Начальная скорость атома неона 800 м/с.
2. Кинетика адсорбции.
- 3.1. Определите плотность и температуру потока отраженных атомов от непроницаемой границы раздела фаз, если поток падающих(приходящих) атомов является максвелловским с температурой $T = 100$ К и плотностью $0,001$ кг/м³. Коэффициент энергетической аккомодации вычислите по упрощенной модели Бауле : налетающие атомы - *He*, атомы подложки - *Ar*. Температура поверхности близка к 0 К. Чему равны величины плотности потока массы для падающих и отраженных атомов?
2. Методы анализа поверхности.
- 4.1. В рабочей камере объемом 10 литров необходимо обеспечить путем криосорбционной откачки газообразного гелия давление не выше 10^{-4} Па. В качестве сорбента используется отвердевший аргон. Какова масса этого аргона, если начальное (до осуществления криооткачки) давление гелия в камере было 10 Па.? Температура газа в камере постоянна и равна 78 К. Изотерма адсорбции гелия твердым аргоном прилагается (см. рисунок).
2. Отражение звука от межфазной поверхности сверхтекучего гелия. Физическая постановка и математическое описание.
- 5.
1. Для какого количества монослоев гелия равновесное давление, устанавливающееся в системе при адсорбции газообразного гелия азотом, равно $2,7 \cdot 10^{-4}$ Па при температуре $2,2$ К. Изостера сорбции имеет вид, представленный на рисунке для $C = 3\%$. Какое количество слоев азота обеспечивает такую концентрацию? Известно, что диаметр атома гелия — $2,6 \cdot 10^{-10}$ м, а молекулы азота — $3,6 \cdot 10^{-10}$ м.
2. Основные понятия вакуумной техники.
- 6.1. Расчетная (по распределению Максвелла) зависимость $m \cdot \int (f \cdot \xi_x) \cdot d\xi_y d\xi_z$ от ξ_x для потока десорбированных атомов неона приведена на рисунке линией, а экспериментальные данные представлены точками. Найдите величину плотности потока массы десорбированного газа (неона) в эксперименте. Является ли экспериментальная зависимость максвелловским распределением?



2. Адсорбция и десорбция: физосорбция и хемосорбция, энергия адсорбции и десорбции.

7.1. В капилляре диаметром 260 мкм находится объем сверхтекучего гелия, длина которого составляет $l = 1,0972$ м. Температура гелия равна 1.60 К. При подаче к одной из межфазных поверхностей тепловой нагрузки 550 Вт/м² перемычка He-II приходит в движение к источнику теплоты. При этом жидкий гелий испаряется с «холодной» межфазной поверхности. По прошествии времени t перемычка останавливается и изменяет направление движения. Определите значение времени t .

2. Коэффициент энергетической аккомодации. Расчет на основе модели Бауле.

8.1. Известно, что проводимость длинного цилиндрического трубопровода в свободномолекулярном режиме U определяется по формуле $U = [(d^3/6L) \cdot \sqrt{2\pi RT}]/(1+4d/3L)$, где d — диаметр трубопровода, L — его длина, R — индивидуальная газовая постоянная откачиваемого газа, T — температура этого газа. За какое время будет произведена откачка сосуда емкостью 1 м³, заполненного воздухом, через трубопровод длиной 1 м диаметром 50 мм, если это вакуумирование осуществляется насосом производительностью 10 л/с при комнатной температуре.

2. Типы изотерм адсорбции: Генри; Лэнгмюра; Брунауэра, Эммета, Теллера (БЭТ).

9.1. Рассматривается плоская металлическая (коэффициент теплопроводности $\lambda = 15$ Вт/м·К) пластина толщиной $D = 1$ мм., находящаяся в окружающей среде при атмосферном ($\sim 10^5$ Па) давлении. Левая поверхность пластины поддерживается при температуре 300 К, а правая при температуре 290 К. Чему равна плотность теплового потока (q), передаваемого через пластину? Как изменится эта величина, если в пластине проделать десять параллельных продольных сквозных зазоров толщиной $d = 10$ нм ($1 \text{ нм} = 10^{-9}$ м) каждый?

2. Изостеры сорбции. Определение теплоты сорбции

10.1. Ионы $^4\text{He}^+$ с первичной энергией $E_0 = 2$ МэВ сталкиваются с мишенью, сделанной из неизвестного материала. После упругого прямого лобового соударения ионы отражаются с энергией $E_1 = 1,1$ МэВ. Какова атомная масса неизвестного материала? Что это за элемент?

2. Поток молекул на поверхность. Время образования монослоя. Средняя длина свободного пробега. Режимы течения газа.

11.1. С внутренней поверхности сферы диаметром 0,5 м в результате десорбции были удалены два плотноупакованных монослоя гелия. Чему стало равно давление в камере? Температура системы равна температуре окружающей среды.

2. Движение He-II в капилляре с паром при наличии продольного теплового потока. Постановка задачи, математическое описание, результаты расчетов и экспериментов.

12.1. Определите коэффициент прохождения звуковой волны, падающей на межфазную поверхность сверхтекучего гелия из жидкости. Температура границы раздела $T_s = 1,9$ К.

2. Моделирование взаимодействия атома газа с поверхностью твердого тела. Расчет скорости захвата атома газа на основе решеточной теории. Математическое описание и результаты.

13.1. Определите во сколько раз отличаются коэффициенты отражения звуковой волны R от поверхности конденсатов для сверхтекучего гелия при $T = 2$ К и жидкого натрия при $T = 589$ К для частоты звуковой волны $f = 1000$ Гц, если теплопроводность жидкого натрия $\lambda' = 75,76$ Вт/(м×К), температуропроводность $a' = 6,65 \times 10^{-5}$ м²/с, удельная теплота испарения $r = 4,39 \times 10^6$ Дж/кг, плотность насыщенного пара натрия $\rho'' = 1,57 \times 10^{-5}$ кг/м³, плотность жидкого натрия $\rho' = 876,21$ кг/м³, молекулярная масса натрия 23.

2. Коэффициент прилипания. Методы и результаты экспериментального определения.

14.1. Определите во сколько раз отличаются коэффициенты отражения звуковой волны R от поверхности конденсатов для сверхтекучего гелия при $T = 2$ К и жидкого натрия при $T = 477$ К для частоты звуковой волны $f = 1000$ Гц, если теплопроводность жидкого натрия $\lambda' = 81,46$ Вт/(м×К), температуропроводность $a' = 6,75 \times 10^{-5}$ м²/с, удельная теплота испарения $r = 4,45 \times 10^6$ Дж/кг, плотность насыщенного пара натрия $\rho'' = 1,35 \times 10^{-7}$ кг/м³, плотность жидкого натрия $\rho' = 902,648$ кг/м³, молекулярная масса натрия 23.

2. Особенности сорбции газа в режиме криозахвата

15.1. В капилляре диаметром 260 мкм находится объем сверхтекучего гелия, длина которого составляет $l = 1,0972$ м. Температура гелия равна 1.60 К. При подаче к одной из межфазных поверхностей тепловой нагрузки 550 Вт/м² перемычка He-II приходит в движение к источнику теплоты. При этом жидкий гелий испаряется с «холодной» межфазной поверхности. По прошествии времени t перемычка останавливается и изменяет направление движения. Определите значение времени t .

2. Коэффициент энергетической аккомодации. Расчет на основе модели Бауле.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Межатомные силы на поверхности раздела фаз и в объеме тела:

Ответы:

Одинаковые

Отличаются

Верный ответ: Отличаются

2. Массовый расход газа по вакуумному трубопроводу определяется произведением проводимости трубопровода и:

Ответы:

разностью давлений на входе и выходе трубопровода

разностью плотностей на входе и выходе трубопровода

разностью температур на входе и выходе трубопровода

Верный ответ: разностью плотностей на входе и выходе трубопровода

3. Какой режим работы атомно-силового микроскопа может разрушать поверхность?

Ответы:

контактный

бесконтактный

полуконтактный

Верный ответ: контактный

4. Какое требование предъявляется к поверхностям при изучении при помощи сканирующего электронного микроскопа?

Ответы:

она должна быть выполнена из изолятора

она должна быть проводящей

она должна быть оптически прозрачной

Верный ответ: она должна быть проводящей

5. Какой тип сорбции характеризуется распределением сорбата по объему сорбента?

Ответы:

адсорбция

абсорбция

Верный ответ: абсорбция

6. Какими силами по большей части обусловлена физическая адсорбция?

Ответы:

Ван-дер-Ваальсовыми

электромагнитного взаимодействия

ионной связи

водородной связи

Верный ответ: Ван-дер-Ваальсовыми

7. Как называется коэффициент, характеризующий долю адсорбированных атомов (или молекул) из полного числа частиц, взаимодействующих с поверхностью?

Ответы:

прилипания

адсорбции

взаимодействия

Верный ответ: прилипания

8. Уравнение изотермы Ленгмюра описывает случай адсорбции, когда можно пренебречь межмолекулярным взаимодействием:

Ответы:

адсорбента

адсорбата

адсорбата и адсорбента

Верный ответ: адсорбата

9. Выражение для коэффициента аккомодации энергии, первоначально выведенное Бауле, справедливо для:

Ответы:

лобового столкновения молекул газа и атомов поверхности

случая, когда между направлением удара и нормалью к поверхности есть некий угол

Верный ответ: лобового столкновения молекул газа и атомов поверхности

10. Какое условие является обязательным для сверхтекучести?

Ответы:

постоянное давление

температуры, близкие к абсолютному нулю

высокие температуры

Верный ответ: температуры, близкие к абсолютному нулю

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Итоговая оценка по курсу выставляется на основе оценки за промежуточную аттестацию. Возможен случай, когда в силу значительно отличающейся текущей оценки может быть применен повышающий или понижающий коэффициент.