

**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
Физика конденсированного состояния**

**Москва
2022**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Королев П.В.
	Идентификатор	Re35b2607-KorolevPavV-75bc1496

(подпись)

П.В. Королев

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дмитриев А.С.
	Идентификатор	R8d0ce031-DmitriyevAS-aaaaae29

(подпись)

А.С.
Дмитриев

(расшифровка
подписи)

Заведующий
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое
звание)

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

(подпись)

Ю.Ю.
Пузина

(расшифровка
подписи)

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 Готов к расчетно-экспериментальному анализу особенностей процессов в наноразмерных системах

ИД-4 Готов анализировать процессы взаимодействия частиц на поверхности материалов и в конденсированной фазе

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Защита задания

1. Расчет характеристик паровой пленки при кипении сверхтекучего гелия на поверхностях сферических и цилиндрических нагревателей (Решение задач)

Форма реализации: Устная форма

1. Принципы физики конденсированных систем (Коллоквиум)

2. Элементы физической кинетики. Часть 1 (Коллоквиум)

3. Элементы физической кинетики. Часть 2 (Коллоквиум)

БРС дисциплины

7 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	16
Элементы физической кинетики					
Основные понятия и определения		+	+		
Кинетическое уравнение Больцмана		+	+		
Постановка задачи для уравнения Больцмана		+	+		
Основы физики сверхтекучести и процессы переноса в He-II					
Гелий – квантовая жидкость					+
Постановка задачи о расчете теплообмена в He-II					+
Принципы физики конденсированных систем					

Параметры конденсированного тела			+	
Кристаллическая решетка			+	
Теплопроводность кристаллической решетки (диэлектрики)			+	
Вес КМ:	20	20	20	40

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

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-4ПК-3 Готов анализировать процессы взаимодействия частиц на поверхности материалов и в конденсированной фазе	Знать: основные методы описания конденсированных систем и расчета их свойств способы расчета процессов переноса в условиях существенной неравновесности Уметь: выполнять расчеты теплопереноса в газах при любой степени термодинамической неравновесности выполнять расчеты теплопереноса в Не- II	Элементы физической кинетики. Часть 1 (Коллоквиум) Элементы физической кинетики. Часть 2 (Коллоквиум) Принципы физики конденсированных систем (Коллоквиум) Расчет характеристик паровой пленки при кипении сверхтекучего гелия на поверхностях сферических и цилиндрических нагревателей (Решение задач)

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Элементы физической кинетики. Часть 1

Формы реализации: Устная форма

Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Устный опрос студентов по темам, разобранным в первой части раздела "Элементы физической кинетики"

Краткое содержание задания:

Ответьте на поставленные вопросы как можно более подробно

Контрольные вопросы/задания:

Знать: способы расчета процессов переноса в условиях существенной неравновесности	<ol style="list-style-type: none">1.Определение функции распределения молекул газа по скоростям. Максвелловская функция распределения2.Моменты функции распределения. Связь микроскопического и макроскопического уровней описания3.Кинетическое уравнение Больцмана. Основные допущения при выводе. Постановка задач4.Моменты интеграла столкновений5.Сумматорные инварианты и инварианты столкновений6.Интеграл столкновений. Его структура7.Расчет моментов интеграла столкновений для максвелловских молекул
---	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

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

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

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

КМ-2. Элементы физической кинетики. Часть 2

Формы реализации: Устная форма

Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Устный опрос студентов по темам, разобранным во второй части раздела "Элементы физической кинетики"

Краткое содержание задания:

Ответьте на поставленные вопросы как можно более подробно

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: выполнять расчеты теплопереноса в газах при любой степени термодинамической неравновесности	<ol style="list-style-type: none">1. Методы решения кинетического уравнения Больцмана2. Алгоритм решения кинетического уравнения Больцмана моментным методом3. Аппроксимации функций распределения молекул газа по скоростям при решении задач моментным методом4. Н-функция и Н-теорема5. Решение линеаризованной одномерной стационарной задачи о переконденсации моментным методом. Получение выражения для плотности потока массы j. Его асимптотики6. Потенциалы взаимодействия одноатомных молекул7. Максвелловские молекулы
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

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

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

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

КМ-3. Принципы физики конденсированных систем

Формы реализации: Устная форма

Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Устный опрос студентов по темам, разобранным в разделе

Краткое содержание задания:

Ответьте на поставленные вопросы как можно более подробно

Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные методы описания конденсированных систем и расчета их свойств	<ol style="list-style-type: none">1. Классификация конденсированных систем. Характер связей частиц в конденсированных телах. Распределение электронного заряда
--	--

	<p>2. Параметры конденсированных тел: параметр взаимодействия, параметры де Бройля и де Бура</p> <p>3. Статистическое описание систем многих частиц. Квантовые статистики Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака</p> <p>4. Вырожденный электронный газ. Импульс и энергия Ферми. Температура вырождения. Энергия и давление вырожденного электронного газа</p> <p>5. Термодинамика свободного электронного газа. Плотность числа состояний электронов</p> <p>6. Электронная теплоемкость кристалла</p> <p>7. Электроны в кристаллической решетке. Энергетический спектр электронов в кристалле. Запрещенные зоны энергий. Классификация твердых тел по зонной структуре</p> <p>8. Кинетическое уравнение для электронного газа</p> <p>9. Теплопроводность электронного газа в металлах</p> <p>10. Закон Видемана-Франца</p> <p>11. Электропроводность электронного газа в металлах. Вывод закона Ома</p> <p>12. Элементарные возбуждения и энергетический спектр конденсированного тела. Фононы</p> <p>13. Колебания кристаллической решетки с одним атомом в элементарной ячейке</p> <p>14. Колебания кристаллической решетки с двумя атомами в элементарной ячейке. Акустические и оптические моды</p> <p>15. Фононы. Фононный газ. Квантовая статистика фононов</p> <p>16. Теплоемкость кристаллической решетки. Законы Дюлонга-Пти и Дебая</p> <p>17. Фононная теплопроводность</p>
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

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

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

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

КМ-4. Расчет характеристик паровой пленки при кипении сверхтекучего гелия на поверхностях сферических и цилиндрических нагревателей

Формы реализации: Защита задания

Тип контрольного мероприятия: Решение задач

Вес контрольного мероприятия в БРС: 40

Процедура проведения контрольного мероприятия: Необходимо решить задачу, приведенную в кратком задании, в соответствии со своим вариантом
Ответы: № варианта
 1 $q_w = 12311$ Вт/м² 2 $q_w = 13646$ Вт/м² 3 $\delta = 190$ мкм 4 $q_w = 51127$ Вт/м²
 5 $q_w = 59762$ Вт/м² 6 $q_w = 54597$ Вт/м² 7 $\delta = 102$ мкм 8 $\delta = 415$ мкм 9 $q_w = 12269$ Вт/м², $Q = 0.888$ Вт/м² 10 $q_w = 12856$ Вт/м² 11 $\delta = 140$ мкм 12 $h = 20$ см 13 $\delta = 110$ мкм
 14 $q_w = 38960$ Вт/м² 15 $\delta = 140$ мкм 16 $h = 20$ см 17 $q_w = 16283$ Вт/м², $Q = 1.841$ Вт 18 $h = 6$ см

Краткое содержание задания:

Плоский или цилиндрический, или сферический нагреватель, имеющий (если форма его цилиндрическая или сферическая) диаметр d_w погружен в сверхтекучий гелий (He-II) на глубину h . При подаче теплового потока плотностью q_w (или полной тепловой нагрузки равной Q) на поверхности нагревателя возникает пленка пара, толщина которой равна δ (при тепловом потоке, равном восстановительному, δ стремится к нулю). Рассматривается стационарное пленочное кипение. Температура свободной поверхности He-II – T_b . По заданным значениям параметров процесса кипения, взятым из приведенной ниже табл. 1, определите неизвестный параметр (обозначенный знаком «?»).

№ варианта	Тип нагревателя	T_b , К	d_w , мм	δ , мкм	h , см	q_w , Вт/м ²	Q , Вт
------------	-----------------	-----------	------------	----------------	----------	---------------------------	----------

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: выполнять расчеты теплопереноса в He-II

1.

1	Плоский	2.00	–	0	25	?	
---	---------	------	---	---	----	---	--

2.

2	Плоский	1.95	–	0	50	?	
---	---------	------	---	---	----	---	--

3.

3	Цилиндрический	1.95	2.0	?	20	69077	
---	----------------	------	-----	---	----	-------	--

4.

4	Цилиндрический	1.95	2.0	0	20	?	
---	----------------	------	-----	---	----	---	--

5.

5	Цилиндрический	1.90	2.0	100	22	?	
---	----------------	------	-----	-----	----	---	--

6.

6	Цилиндрический	1.90	3.8	185	23	?	
---	----------------	------	-----	-----	----	---	--

7.

7	Цилиндрический	1.80	2.0	?	15	46015	
---	----------------	------	-----	---	----	-------	--

8.

8	Сферический	1.80	6.0	?	5		2.0
---	-------------	------	-----	---	---	--	-----

	9.	9	Сферический	1.80	4.8	515	3	?	?
	10.	10	Плоский	1.80	–	0	20	?	
	11.	11	Сферический	1.70	6.0	?	3		1.0
	12.	12	Сферический	1.60	4.0	100	?		2.5
	13.	13	Сферический	1.60	5.0	?	15		3.0
	14.	14	Цилиндрический	1.60	4.0	0	19	?	
	15.	15	Цилиндрический	1.70	3.0	?	3	8862	
	16.	16	Цилиндрический	1.90	2.8	100	?	52220	
	17.	17	Сферический	1.90	6.0	220	5	?	?
	18.	18	Сферический	1.90	5.0	240	?	20318	1.6

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

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

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

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Кинетическое уравнение Больцмана. Основные допущения при выводе. Постановка задач.
2. Расчет «восстановительного» теплового потока в He-II при кипении. Физическая постановка. Математическое описание.
3. Оценить время кинетической релаксации в электронном газе внутри кристалла натрия при $T = 295$ К. Удельное электрическое сопротивление натрия $\rho_{\text{э}} = 4,84 \cdot 10^{-8}$ Ом*м, плотность натрия $\rho = 971,2$ кг/м³

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-4_{ПК-3} Готов анализировать процессы взаимодействия частиц на поверхности материалов и в конденсированной фазе

Вопросы, задания

- 1.1. Кинетическое уравнение Больцмана. Основные допущения при выводе. Постановка задач.
2. Расчет «восстановительного» теплового потока в He-II при кипении. Физическая постановка. Математическое описание.
3. Оценить время кинетической релаксации в электронном газе внутри кристалла натрия при $T = 295$ К. Удельное электрическое сопротивление натрия $\rho_{\text{э}} = 4,84 \cdot 10^{-8}$ Ом*м, плотность натрия $\rho = 971,2$ кг/м³
- 2.1. Термомеханический и механотермический эффекты в He-II. Соотношение Лондона.
2. Электроны в кристаллической решетке. Энергетический спектр электронов в кристалле. Запрещенные зоны энергий. Классификация твердых тел по зонной структуре.
3. Сформулировать систему уравнений, позволяющую определить величину теплового потока через плоский слой разреженного газа. Состояние этого газа описывается четырехмоментным двухсторонним максвеллианом с параметрами n_1, n_2, T_1, T_2 . Задача стационарная. Известны: температуры поверхностей $T_{\text{гор}}$ и $T_{\text{хол}}$, расстояние между ними L , средняя плотность газа, находящегося между этими плоскостями $\rho_{\text{ср}}$. На поверхностях теплообмена осуществляется полная энергетическая accommodation, т.е. при $x=0$ $T_1 = T_{\text{гор}}$, при $x=L$ $T_2 = T_{\text{хол}}$.
- 3.1. Распространение звука в He-II. Система уравнений, описывающая это явление. Скорость 1-го и 2-го звука.
2. Теплоемкость кристаллической решетки. Законы Дюлонга-Пти и Дебая.
3. В одномерной задаче о переконденсации, описываемой четырехмоментным приближением в виде двухпоточного максвеллианом с параметрами n_1, n_2, T_1, T_2 ,

необходимо определить компоненты тензора давления P_{yy} и P_{xy} для некоторой точки X , где $n_1 = 5n_0$, $n_2 = 3n_0$, $T_1 = 4T_0$, $T_2 = 2T_0$.

4.1. Изменение давления и температуры в монохроматической волне 1-го и 2-го звука.

2. Фононы. Фононный газ. Квантовая статистика фононов.

3. В одномерной задаче о переконденсации, описываемой четырехмоментным приближением в виде двухпоточного максвеллианом с параметрами n_1 , n_2 , T_1 , T_2 , необходимо определить температуру газа T для некоторой точки X , где $n_1 = 4n_0$, $n_2 = 2n_0$, $T_1 = 9T_0$, $T_2 = 4T_0$.

5.1. Определение функции распределения молекул газа по скоростям. Моменты функции распределения. Связь микроскопического и макроскопического уровней описания.

2. Двухскоростная модель Л.Д. Ландау; допущения (предположения) и математическое описание.

3. Кристаллическая решетка поваренной соли – гранцентрированная кубическая.

Модель структуры хлористого натрия можно построить располагая попеременно ионы натрия и хлора в узлах простой кубической решетки. Найти расстояние между

ближайшими соседними атомами. Плотность соли $\rho = 2165 \text{ кг/м}^3$.

Вычислить параметр де Бройля для ионов натрия и хлора при $T = 290 \text{ К}$. Сделать вывод о квантовой или классической природе ионов в кристалле поваренной соли.

6.1. Критические скорости в He-II.

2. Кинетическое уравнение для электронного газа. Теплопроводность электронного газа в металлах. Закон Видемана-Франца.

3. В одномерной стационарной задаче о переконденсации состояние пара описывается двухсторонним максвелловским распределением с параметрами n_1 , n_2 , T_1 , T_2 . Получите выражение для температуры пара, описываемого такой функцией распределения. При каких условиях это выражение можно использовать для определения температуры газа в задаче о теплопереносе через слой разреженного газа?

7.1. Интеграл столкновений. Его структура. Расчет моментов интеграла столкновений для максвелловских молекул.

2. Сила взаимного трения Гортера-Меллинка. Физическая сущность. Качественный вывод выражения для силы. Расчет теплопереноса с учетом взаимного трения компонент He-II.

3. Определить энергию Ферми, температуру Ферми и давление вырожденного электронного газа в кристалле калия при температуре 335 К . Плотность калия $\rho = 851 \text{ кг/м}^3$.

8.1. Постановка задачи о расчете теплообмена в He-II. Режим сопротивления П.Л. Капицы.

2. Колебания кристаллической решетки с двумя атомами в элементарной ячейке.

Акустические и оптические моды.

3. Сформулировать систему уравнений, позволяющую определить величину теплового потока через плоскую пленку пара гелия, разделяющую нагреватель и сверхтекучий гелий. Задача стационарная. Состояние пара описывается четырехмоментным двухсторонним максвеллианом. Известны: толщина паровой пленки d , температура межфазной поверхности He-II–пар T_s , температура поверхности нагревателя T_w (причем $T_w \gg T_s$). Считается, что на этой поверхности осуществляется полная энергетическая accommodation.

9.1. Описание стационарного теплопереноса в He-II при ламинарном движении нормальной компоненты.

2. Электропроводность электронного газа в металлах. Вывод закона Ома.

3. Получите выражение для потока энергии газа, описываемого эллипсоидальным распределением:

$$f = n \left(\frac{1}{2\pi RT} \right)^{1/2} \left(\frac{1}{2\pi RT_{\perp}} \right) \exp \left\{ - \left[\frac{(\xi_x - u)^2}{2RT} + \frac{\xi_y^2 + \xi_z^2}{2RT_{\perp}} \right] \right\}$$

При каких условиях этот поток энергии равен соответствующей величине, определенной по максвелловскому распределению?

10.1. Эксперименты с He-II, способствовавшие появлению двухскоростной модели.

Зависимость от температуры плотностей нормальной и сверхтекучей компонент.

2. Элементарные возбуждения и энергетический спектр конденсированного тела.

Фононы.

3. Определите величину восстановительной тепловой нагрузки при кипении гелия II на цилиндрическом нагревателе диаметром 2 мм, расположенном горизонтально в He-II на глубине 20 см от свободной межфазной поверхности, имеющей температуру 2 К.

11.1. Вывод уравнения, описывающего стационарный теплоперенос в He-II на основе уравнений двухскоростной гидродинамики.

2. Колебания кристаллической решетки с одним атомом в элементарной ячейке.

3. Получите выражение для температуры газа, описываемого эллипсоидальным распределением:

$$f = n \left(\frac{1}{2\pi RT} \right)^{1/2} \left(\frac{1}{2\pi RT_{\perp}} \right) \exp \left\{ - \left[\frac{(\xi_x - u)^2}{2RT} + \frac{\xi_y^2 + \xi_z^2}{2RT_{\perp}} \right] \right\}$$

При каких условиях это распределение становится равновесным?

12.1. Решение линеаризованной одномерной стационарной задачи о переконденсации.

Получение выражения для плотности потока массы j . Его асимптотики.

2. Классификация конденсированных систем. Характер связей частиц в конденсированных телах. Распределение электронного заряда.

3. В качестве сверхщели в эксперименте П.Л. Капицы по исследованию термомеханического эффекта используется пористая пробка, состоящая из ста капилляров. Диаметр каждого капилляра 3 мкм, а его длина

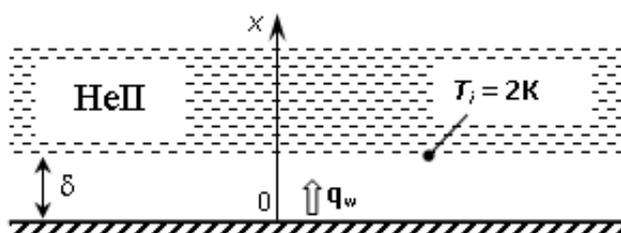
0,5 см. Разность уровней He II во внешнем и внутреннем сосудах составляет 6 см.

Источник питания создает напряжение на нагревателе, размещенном во внутреннем сосуде, величиной 0,5 В. Найдите величину тока в цепи нагревателя, обеспечивающего стационарные условия эксперимента. Теплопритоками к He II из окружающей среды пренебречь. Температура He II равняется 1,9 К.

13.1. Потенциалы взаимодействия одноатомных молекул. Максвелловские молекулы.

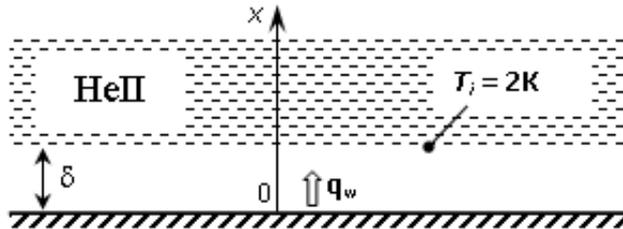
2. Параметры конденсированных тел: параметр взаимодействия, параметры де Бройля и де Бюра.

3. При стационарном бесшумовом кипении на плоском нагревателе, погруженном в гелий II на глубину $h = 0,5$ м, образовалась паровая пленка. Толщина этой пленки d с течением времени остается постоянной. Чему равна величина удельного теплового потока, выделяемого нагревателем q_w , при которой обеспечивается поддержание заданного значения d ? Температура межфазной поверхности гелий II-пар T_i равняется 2 К. Считается, что на поверхности нагревателя осуществляется полная энергетическая аккомодация.



14.1. Методы решения кинетического уравнения Больцмана.

2. Статистическое описание систем многих частиц. Квантовые статистики Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака.
3. Определите при какой глубине погружения в гелий II плоского нагревателя на нем осуществляется стационарное бесшумовое кипение для величины удельного теплового потока, выделяемого нагревателем $q_w = 1,8 \cdot 10^5$ Вт/м². При этом значении q_w обеспечивается постоянство толщины паровой пленки для искомой глубины погружения нагревателя. Температура межфазной поверхности гелий II - пар T_i равняется 2 К. Считается, что на поверхности нагревателя осуществляется полная энергетическая аккомодация.



- 15.1. Н-функция и Н-теорема.
2. Вырожденный электронный газ. Импульс и энергия Ферми. Температура вырождения. Энергия и давление вырожденного электронного газа.
3. При комнатной температуре средняя длина свободного пробега фонона в кристалле поваренной соли в четыре раза больше постоянной его решетки, которая равна 5,64 А. Вычислить коэффициент теплопроводности этого кристалла, если плотность соли $\rho = 2165$ кг/м³ и скорость звука в кристалле $C_{зв} = 5000$ м/с.
- 16.1. Моменты интеграла столкновений. Сумматорные инварианты и инварианты столкновений.
2. Термодинамика свободного электронного газа. Плотность числа состояний электронов. Электронная теплоемкость кристалла.
3. Сформулируйте систему уравнений для определения восстановительного теплового потока при кипении гелия II на шаровом нагревателе.
- 17.1. Методы решения кинетического уравнения Больцмана.
2. Колебания кристаллической решетки с одним атомом в элементарной ячейке.
3. Сферический нагреватель диаметром 4.8 мм погружен в сверхтекучий гелий на глубину 28 мм. При подаче тепловой нагрузки равной 0.588 Вт на поверхности нагревателя возникает пленка пара. Температура свободной поверхности 1.70 К. Оцените температурный перепад в гелии II и определите толщину паровой пленки.
- 18.1. Эксперименты с He-II, способствовавшие появлению двухскоростной модели. Зависимость от температуры плотностей нормальной и сверхтекучей компонент.
2. Термодинамика свободного электронного газа. Плотность числа состояний электронов. Электронная теплоемкость кристалла.
3. На нагревание металлического предмета массой 100 г от 20 до 50°C затрачено 8300 Дж. Определить, из какого металла изготовлен предмет, если указанный интервал температур выше характеристической температуры.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Дать классификацию конденсированных тел

Ответы:

- Газ
- Жидкость
- Твердое тело
- Сверхпроводящие тела
- Конденсат Бозе-Эйнштейна

Верный ответ: Все, кроме газа

2. Что такое температура Дебая?

Ответы:

физическая константа вещества, характеризующая температуру, при которой возбуждаются все моды колебаний в твёрдом теле
температура твёрдого кристаллического тела (вещества), при которой оно совершает переход в жидкое состояние
температура, при которой не кристаллизующееся или не успевающее закристаллизоваться вещество становится твёрдым, переходя в стеклообразное состояние

Верный ответ: физическая константа вещества, характеризующая температуру, при которой возбуждаются все моды колебаний в твёрдом теле

3. В чем состоит физический смысл параметра де Бюа?

Ответы:

величина, описывающая вектор поляризации электромагнитных волн
отношение длины волны де Бройля, связанной с частицами, к расстоянию между ними, определяемому межатомными силами
безразмерное число, определяющее поведение жидкости под воздействием градиента температуры

Верный ответ: отношение длины волны де Бройля, связанной с частицами, к расстоянию между ними, определяемому межатомными силами

4. Что такое квазичастица?

Ответы:

стабильная отрицательно заряженная элементарная частица
квант коллективного колебания или возмущения многочастичной системы, обладающий определённой энергией и, часто, импульсом
неделимая часть какой-либо величины в физике

Верный ответ: квант коллективного колебания или возмущения многочастичной системы, обладающий определённой энергией и, часто, импульсом

5. Что такое энергетический спектр конденсированного тела?

Ответы:

совокупность всех диапазонов электромагнитного излучения в зависимости от частоты или длины волны
набор возможных энергетических уровней квантовой системы
набор значений масс элементарных частиц

Верный ответ: набор возможных энергетических уровней квантовой системы

6. Что такое фононы?

Ответы:

квазичастица, представляющая собой квант колебательного движения атомов кристалла
фундаментальная частица, квант электромагнитного излучения
квазичастица с целым значением спина

Верный ответ: квазичастица, представляющая собой квант колебательного движения атомов кристалла

7. Как закон Дебая описывает теплоемкость твердого тела?

Ответы:

допускается описательная формулировка или в виде формулы

$$C_V(T) = \frac{12\pi^4}{5} Nk_B \left(\frac{T}{\theta_D} \right)^3$$

Верный ответ: при низких температурах теплоёмкость твёрдого тела возрастает пропорционально кубу температуры

8. Что такое вырожденный электронный газ?

Ответы:

материя, целиком составленная из электронов
газ в электрическом поле
бозонный газ

Верный ответ: материя, целиком составленная из электронов

9. Что такое энергетическая зона?

Ответы:

любое возможное состояние, в котором может находиться квантовая система
квазинепрерывная совокупность одночастичных состояний в энергетическом спектре
конденсированной среды
распределение интенсивности электромагнитного излучения по частотам или по длинам волн

Верный ответ: квазинепрерывная совокупность одночастичных состояний в энергетическом спектре конденсированной среды

10. Чем обусловлена электропроводность металла?

Ответы:

переносом атомов
переносом молекул
переносом электронов
переносом дырок

Верный ответ: переносом электронов

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

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

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

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

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