

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов»

Факультет физико-математических и естественных наук

Институт физических исследований и технологий

Рекомендовано МССН

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕРМОДИНАМИКА И СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

**Рекомендуется для направления подготовки/специальности
03.03.02 Физика**

**Квалификация (степень) выпускника
бакалавр**

1. Цели и задачи дисциплины:

Целью части курса «Термодинамика» является изучение макроскопического описания физических объектов, находящихся в состоянии теплового равновесия с внешней окружающей средой (термостатом). Целью части курса статистической физики является изучение микроскопической теории газообразного, жидкого и конденсированного состояния вещества, а также (по определению Гиббса) рациональное обоснование термодинамики. Задача дисциплины «Термодинамика и статистическая физика» состоит в том, чтобы студенты могли применять основные законы и методы термодинамики и статистической физики при решении конкретных теоретических и экспериментальных задач.

2. Место дисциплины в структуре ОПВО:

Дисциплина «Термодинамика и статистическая физика» относится к базовой части, блок Б1.О.01.08 учебного плана, модуль «Теоретическая физика».

В таблице № 1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций дисциплины в соответствии с матрицей компетенций ОП ВО.

Таблица № 1

Предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций

№ п/п	Шифр и наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
1	ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	Модуль «Общая физика», Теоретическая механика, Электродинамика	Квантовая механика

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать: основные закономерности термодинамики как основы макроскопического описания физических объектов любой природы, прежде всего принципов сохранения, переработки и передачи энергии, в том числе принципов действия тепловых машин;

Уметь: проводить элементарные расчеты эффективности тепловых машин, а также вычислять термодинамические параметры физического объекта при заданной микроскопической модели;

Владеть: основными принципами расчета рабочих циклов для тепловых машин, а также методами расчета термодинамических уравнений состояния при заданной микроскопической модели физического объекта.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		C	D		
Аудиторные занятия (всего)	60	28	32		
В том числе:					
<i>Лекции</i>	30	14	16		
<i>Практические занятия (ПЗ)</i>	30	14	16		
<i>Семинары (С)</i>					
<i>Лабораторные работы (ЛР)</i>					
Самостоятельная работа (всего)	84	44	40		
Общая трудоемкость час	144	72	72		
зач. ед.	4	2	2		

5. Содержание дисциплины

5.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	Основы термодинамического описания. Связь со статистическим описанием	Предмет и метод термодинамики и статистической физики. Понятие о микро- и макроописаниях физического объекта (ФО). Термодинамические параметры и их классификация. Виды теплового контакта между ФО и внешним окружением. Свойство транзитивности. Физические условия для термостата. Нулевое начало термодинамики.
2	Первое начало термодинамики.	Внутренняя энергия, работа и количество теплоты как меры ее изменения. Объем и давление, энтропия и температура. Эффективность тепловых машин (в том числе, с конечным временем действия) в различных режимах и субрежимах.
3	Термодинамические потенциалы и связи между ними.	Внутренняя энергия, свободная энергия, энтальпия, потенциал Гиббса. Два представления термодинамических потенциалов: энергетическое и энтропийное. Преобразования Лежандра и их математическая и физическая интерпретация.
4	Термодинамические уравнения состояния и термодинамические восприимчивости.	Термическое, калорическое и барокалорическое уравнения состояния. Дифференциальные связи между ними. Универсальные взаимосвязи между термодинамическими восприимчивостями (теплоемкостями и сжимаемостями).
5	Второе и третье начало термодинамики.	Эквивалентность различных формулировок второго начала. Виды энтропия и ее информационно-статистический смысл. Основное состояние ФО и его энтропия (отличная от нуля).
6	Фазовые переходы первого и второго рода. Понятие о параметрах порядка и критических индексах.	Реальные газы в приближении Ван-дер-Ваальса. Критическая точка. Точка Бойля. Правило Максвелла. Параметр порядка при переходе газ–жидкость. Параметр порядка твердого тела. Тройная точка. Потенциал типа Леннарда–Джонса и фазы. Правило фаз Гиббса для многокомпонентных ФО.
7	Термодинамическая устойчивость ФО. Принципы ЛеШателье–Брауна и Онзагера.	Условия механической и тепловой устойчивости ФО. Процессы релаксации интенсивных ТД-параметров. Процессы переноса экстенсивных ТД-параметров.
8	Понятие о неравновесной феноменологической термодинамике (формулировка Онзагера).	Понятие о термодинамических силах и потоках. Понятие о кинетических коэффициентах и их симметрии. Связь кинетических коэффициентов с микроскопическими характеристиками.
9	Статистический или вероятностный характер теплового контакта.	Понятие о спонтанных флуктуациях экстенсивных и интенсивных термодинамических параметрах. Обобщенная макроэргодическая гипотеза.
10	Каноническое распределение Гиббса. Связь с принципом (условного) максимума энтропии. Фи-	Статистический интеграл (сумма) и статистический вес. Связь статистического интеграла с термодинамикой. Связь статистического веса с энтропией Больцмана. Энтропия Больцмана как связующее звено между макро-

	физический смысл дополнительных условий.	и микроописаниями (термодинамикой и фазовым пространством).
11	Методы вычисления статистического интеграла (суммы) для конкретных ФО.	Идеальный и слабо неидеальный классический газ. Идеальный газ с внутренними степенями свободы. Идеальный квантовый газ в слабо- и сильно вырожденном состояниях. Двухуровневый квантовый ФО (спиновый парамагнетик) и отрицательные абсолютные температуры.
12	Флуктуации и корреляции в термодинамическом ФО.	Понятие о стационарном случайном процессе. Случайные шумы и формула Найквиста.

5.2. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц.	Семин.	СРС	Всего час.
1.	Основы термодинамического описания. Связь со статистическим описанием.	2	2	6	10
2.	Первое начало термодинамики.	2	2	6	10
3.	Термодинамические потенциалы и связи между ними.	4	4	8	16
4.	Термодинамические уравнения состояния и термодинамические восприимчивости.	4	4	8	16
5.	Второе и третье начало термодинамики.	2	2	8	12
6.	Фазовые переходы первого и второго рода. Понятие о параметрах порядка и критических индексах.	4	4	8	16
7.	Термодинамическая устойчивость ФО. Принципы ЛеШателье–Брауна и Онзагера.	2	2	6	10
8.	Понятие о неравновесной феноменологической термодинамике (формулировка Онзагера).	2	2	6	10
9.	Статистический или вероятностный характер теплового контакта.	2	2	6	10
10.	Каноническое распределение Гиббса. Связь с принципом (условного) максимума энтропии. Физический смысл дополнительных условий.	2	2	8	12
11.	Методы вычисления статистического интеграла (суммы) для конкретных ФО.	2	2	8	12
12.	Флуктуации и корреляции в термодинамическом ФО.	2	2	6	10

6. Лабораторный практикум – не предусмотрен

7. Практические занятия (семинары)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость (час.)
1.	1	Предмет и метод термодинамики и статистической физики. Понятие о микро- и макроописаниях физического объекта (ФО). Термодинамические параметры и их классификация. Виды теплового контакта между ФО и внешним окружением. Свойство транзитивности. Физические условия для термостата. Нулевое начало термодинамики.	2
2.	2	Внутренняя энергия, работа и количество теплоты как меры ее изменения. Объем и давление, энтропия и температура.	1
3.	2	Эффективность тепловых машин (в том числе, с конечным временем действия) в различных режимах и субрежимах.	1

4.	3	Внутренняя энергия, свободная энергия, энтальпия, потенциал Гиббса. Два представления термодинамических потенциалов: энергетическое и энтропийное.	1
5.	3	Преобразования Лежандра и их математическая и физическая интерпретация.	1
6.	4	Термическое, калорическое и барокалорическое уравнения состояния. Дифференциальные связи между ними.	1
7.	4	Универсальные взаимосвязи между термодинамическими восприимчивостями (теплоемкостями и сжимаемостями).	1
8.	5	Эквивалентность различных формулировок второго начала.	1
9.	5	Виды энтропия и ее информационно-статистический смысл.	1
10.	5	Основное состояние ФО и его энтропия (отличная от нуля).	1
11.	6	Реальные газы в приближении Ван-дер-Ваальса. Критическая точка. Точка Бойля. Правило Максвелла. Параметр порядка при переходе газ – жидкость.	2
12.	6	Параметр порядка твердого тела. Тройная точка. Потенциал типа Леннарда – Джонса и фазы. Правило фаз Гиббса для многокомпонентных ФО.	1
13.	7	Условия механической и тепловой устойчивости ФО.	1
14.	7	Процессы релаксации интенсивных ТД-параметров. Процессы переноса экстенсивных ТД-параметров.	1
15.	8	Понятие о термодинамических силах и потоках. Понятие о кинетических коэффициентах и их симметрии.	1
16.	8	Связь кинетических коэффициентов с микроскопическими характеристиками.	1
17.	9	Понятие о спонтанных флуктуациях экстенсивных и интенсивных термодинамических параметрах. Обобщенная макроэргодическая гипотеза.	1
18.	10	Статистический интеграл (сумма) и статистический вес.	1
19.	10	Связь статистического интеграла с термодинамикой.	1
20.	10	Связь статистического веса с энтропией Больцмана.	1
21.	10	Энтропия Больцмана как связующее звено между макро- и микроописаниями (термодинамикой и фазовым пространством).	2
22.	11	Идеальный и слабо неидеальный классический газ.	1
23.	11	Идеальный газ с внутренними степенями свободы.	1
24.	11	Идеальный квантовый газ в слабо- и сильно вырожденном состояниях.	1
25.	11	Двухуровневый квантовый ФО (спиновый парамагнетик) и отрицательные абсолютные температуры.	1
26.	12	Понятие о стационарном случайном процессе.	1
27.	12	Случайные шумы и формула Найквиста.	1

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

- Лекционная аудитория с мультимедийным проектором (ауд. 325)
- Портативный электронный проектор (для аудиторий другого типа)

9. Информационное обеспечение дисциплины

а) пакет программ MSOffice (текстовые документы - MicrosoftWord, презентации - PowerPoint);

б) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы: телекоммуникационная учебно-информационная система (ТУИС), учебный портал РУДН, Научная электронная библиотека РУДН.

10. Учебно-методическое обеспечение дисциплины:

а) основная литература:

1. Я.П. Терлецкий. Статистическая физика. Изд. 3-е. М.: Высшая школа, 1994.
2. И.П. Базаров. Термодинамика. М.: Высшая школа, 1984.
3. М.А. Леонтович. Статистическая физика и термодинамика. Изд. 2-е. М.: Наука, 1982.
4. Р.Л. Стратонович, М.С. Полякова. Элементы молекулярной физики и термодинамики и статистической физики. М.: Изд-во МГУ, 1981.
5. Г. Шиллинг. Статистическая физика в примерах. М.: Мир, 1976.

б) дополнительная литература

1. И.А. Квасников. Термодинамика и статистическая физика. Равновесная и неравновесная теория. Тома 1-3, М., УРС, 2009.
2. А.С. Кондратьев, П.А. Райгородский. Задачи по термодинамике и статистической физике. М.: Физматлит, 2007.
3. В.С. Сорокин. Макроскопическая необратимость и энтропия. Введение в термодинамику. М.: Физматлит, 2004.
4. Дж. Фен. Машины, энергия и энтропия. М.: Мир, 1986.

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

Необходимо обеспечить себя рекомендованными учебными материалами. Для получения глубоких и прочных знаний, твердых навыков и умений, необходима, кроме проработки лекционного материала, систематическая самостоятельная работа студента. Дополнить конспект лекций, выделить главное студент должен самостоятельно, пользуясь предлагаемыми учебными пособиями.

Самостоятельная работа нужна при выполнении домашних заданий, для усвоения лекционного (теоретического) материала и для подготовки к контрольным работам.

Студенты обязаны сдавать задания в сроки, установленные преподавателем. Работы, предоставленные с опозданием, не оцениваются.

Студентам предлагается делать самостоятельные доклады с использованием источников из обязательной части литературы.

Студенты обязаны выполнять письменные работы (контрольные тестовые работы) в сроки, установленные преподавателем. График проведения письменных контрольных работ формируется в соответствии с календарным планом курса. Перечень вопросов письменной контрольной работы определяется программой курса. Контрольные работы не переписываются.

Использование источников (в том числе конспектов лекций и лабораторных занятий) во время выполнения письменной контрольной работы возможно только с разрешения преподавателя.

Время, которое отводится студенту на выполнение письменной работы (контрольной тестовой работы), устанавливается преподавателем. По завершении отведенного времени студент должен сдать работу преподавателю, вне зависимости от того, завершена она или нет.

Необходимым условием освоения данного курса является обязательное посещение семинаров, а также добросовестное и качественное выполнение домашних заданий. Для оценки знаний студентов применяется балльно-рейтинговая система.

В течение семестра студентам необходимо в соответствии с учебным планом выполнить 9 заданий по СРС, а также 1-2 контрольных (самостоятельных) и представить их на проверку преподавателю. В качестве полезных пособий для СРС рекомендуется использо-

вать позицию 5 из основной литературы и позицию 2 из дополнительной. Студенту рекомендуется в ходе семестра вести «параллельный» конспект, добавляя к полученным на лекции сведениям дополнительные сведения из рекомендованной литературы.

Для итоговой аттестации по дисциплине студенту необходимо в установленные деканатом сроки сдать экзамен (как правило, в устной форме), включающий 3-4 вопроса по всем основным разделам курса. На подготовку к ответу отводится 45 минут, после чего проводится устный опрос студента.

Результаты письменных контрольных работ публикуются в течение недели на стенде и/или на сайте кафедры.

12. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Шкала оценок

Соответствие систем оценок (согласно Приказу Ректора № 996 от 27.12.2006 г.)

Баллы БРС	Традиционные оценки в РФ	Баллы для перевода оценок	Оценки	Оценки
86-100	5	95-100	5+	A
		86-94	5	B
69-85	4	69-85	4	C
51-68	3	61-68	3+	D
		51-60	3	E
0-50	2	31-50	2+	FX
		0-30	2	F
51-60	Зачет		Зачет	Passed

Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине Термодинамика и статистическая физика (семестр С)

Направление/Специальность: 03.03.02 Физика

Раздел	Тема	Формы контроля уровня освоения ООП				Баллы темы	Баллы раздела
		Контрольная работа	Выполнение ДЗ	Экзамен	Прочие формы контроля		
1. Основы термодинамического описания. Связь со статистическим описанием. ОПК-1	Предмет и метод термодинамики и статистической физики. Понятие о микро- и макроописаниях физического объекта (ФО). Термодинамические параметры и их классификация. Виды теплового контакта между ФО и внешним окружением. Свойство транзитивности. Физические условия для термостата. Нулевое начало термодинамики.	2	4	5	1	12	12
2. Первое начало термодинамики. ОПК-1	Внутренняя энергия, работа и количество теплоты как меры ее изменения. Объем и давление, энтропия и температура. Эффективность тепловых машин (в том числе, с конечным временем действия) в различных режимах и субрежимах.	2	4	5	1	12	12
3. Термодинамические потенциалы и связи между ними. ОПК-1	Внутренняя энергия, свободная энергия, энтальпия, потенциал Гиббса. Два представления термодинамических потенциалов: энергетическое и энтропийное. Преобразования Лежандра и их математическая и физическая интерпретация.	4	4	15	3	26	26
4. Термодинамические уравнения состояния и термодинамические восприимчивости. ОПК-1	Термическое, калорическое и барокалорическое уравнения состояния. Дифференциальные связи между ними. Универсальные взаимосвязи между термодинамическими восприимчивостями (теплоемкостями и сжимаемостями).	4	4	15	2	25	25
5. Второе и третье начало термодинамики. ОПК-1	Эквивалентность различных формулировок второго начала. Виды энтропия и ее информационно-статистический смысл. Основное состояние ФО и его энтропия (отличная от нуля).	2	4	5	2	13	13

6. Фазовые переходы первого и второго рода. Понятие о параметрах порядка и критических индексах. ОПК-1	Реальные газы в приближении Ван-дер-Ваальса. Критическая точка. Точка Бойля. Правило Максвелла. Параметр порядка при переходе газ – жидкость. Параметр порядка твердого тела. Тройная точка. Потенциал типа Леннарда – Джонса и фазы. Правило фаз Гиббса для многокомпонентных ФО.	2	4	5	1	12	12
Итого		16	24	50	10	100	100

Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине Термодинамика и статистическая физика (семестр D)

Направление/Специальность: 03.03.02 Физика

Раздел	Тема	Формы контроля уровня освоения ООП				Баллы темы	Баллы раздела
		Контрольная работа	Выполнение ДЗ	Экзамен	Прочие формы контроля		
7. Термодинамическая устойчивость ФО. Принципы ЛеШателье–Брауна и Онзагера. ОПК-1	Условия механической и тепловой устойчивости ФО. Процессы релаксации интенсивных ТД-параметров. Процессы переноса экстенсивных ТД-параметров.	2	4	8	2	16	16
8. Понятие о неравновесной феноменологической термодинамике (формулировка Онзагера). ОПК-1	Понятие о термодинамических силах и потоках. Понятие о кинетических коэффициентах и их симметрии. Связь кинетических коэффициентов с микроскопическими характеристиками.	2	4	8	1	15	15
9. Статистический или вероятностный характер теплового контакта. ОПК-1	Понятие о спонтанных флуктуациях экстенсивных и интенсивных термодинамических параметрах. Обобщенная макроэргодическая гипотеза.	1	4	4	1	10	10
10. Каноническое распределение Гиббса. Связь с принципом (условного) максимума энтропии. Фи-	Статистический интеграл (сумма) и статистический вес. Связь статистического интеграла с термодинамикой. Связь статистического веса с энтропией Больцмана. Энтропия Больцмана как связующее звено между макро- и	4	4	10	2	20	20

зический смысл дополнительных условий. ОПК-1	микроописаниями (термодинамикой и фазовым пространством).						
11. Методы вычисления статистического интеграла (суммы) для конкретных ФО. ОПК-1	Идеальный и слабо неидеальный классический газ. Идеальный газ с внутренними степенями свободы. Идеальный квантовый газ в слабо- и сильно вырожденном состояниях. Двухуровневый квантовый ФО (спиновый парамагнетик) и отрицательные абсолютные температуры.	4	4	10	2	20	20
12. Флуктуации и корреляции в термодинамическом ФО. ОПК-1	Понятие о стационарном случайном процессе. Случайные шумы и формула Найквиста.	3	4	10	2	19	19
Итого		16	24	50	10	100	100

Вопросы и тесты для самопроверки

1. Дать определение специфики трех видов описания физического объекта: динамического, статистического и термодинамического, или сокращенного.
2. Объясните различие между изолированным и замкнутым объектами в термодинамике.
3. Какова связь между неполными дифференциалами работы и количества теплоты и полными дифференциалами объема и энтропии? Что является интегрирующими множителями в обоих случаях?
4. Приведите примеры пар термодинамически сопряженных параметров.
5. В каком смысле следует понимать «максимальность» КПД в цикле Карно? Почему он не может быть равным или большим единицы?
6. В чем заключается статистический смысл второго начала? Правомерно ли говорить о возможной «тепловой смерти» Вселенной?
7. Перечислите пары независимых переменных, соответствующих наиболее часто применяемым термодинамическим потенциалам. Какие из них фиксируются термостатом?
8. Что происходит в случае нарушения термодинамической устойчивости объекта?
9. Каковы отличия в термическом и калорическом уравнениях состояния реального и идеального газов?
10. Каковы основные характеристики случайной величины? Чему равна дисперсия в случае точного измерения?
11. Какая количественная характеристика отличает газообразное агрегатное состояние от конденсированного?
12. В чем отличие характера теплового движения в газообразной и конденсированной фазах?
13. Какая величина определяет характер броуновского движения? Является ли оно стационарным?
14. Укажите физический механизм, определяющий давление идеального газа при выводе уравнения Бернулли. Что изменится, если учесть квантовую природу частиц?
15. Какова природа внешнего силового поля, приводящего к барометрическому распределению?
16. Какие виды средних скоростей можно ввести для распределения Максвелла по скоростям в идеальном газе? Есть ли качественные отличия между ними?
17. Как связано распределение каноническое распределение Гиббса с распределениями Максвелла и Больцмана?
18. Укажите связь между средними величинами по ансамблю Гиббса и средними по времени пребывания объекта в определенной области фазового пространства.
19. Чем могут быть обусловлены отклонения от закона о равномерном распределении внутренней энергии по степеням свободы?
20. Как изменятся при изменении температуры коэффициенты диффузии, вязкости и теплопроводности?
21. Тот же вопрос при изменении массы атомов или молекул идеального газа.
22. Укажите аналогию между явлениями броуновского движения и диффузии.
23. В чем заключается статистический смысл второго начала? Правомерно ли говорить о возможной «тепловой смерти» Вселенной?
24. Чем стационарный случайный процесс отличается от нестационарного? Каково определение класса гауссовских случайных процессов и их основного свойства?
25. Можно ли полностью устранить случайные, или «тепловые» шумы в измерительных приборах? Каковы пути их максимального снижения?

Тесты по части курса «Термодинамика»

1. Сколько термодинамических параметров необходимо для описания однокомпонентной однофазной системы:
1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

2. Какое максимальное число фаз одного химического вещества может сосуществовать в одной точке фазовой диаграмме давление – температура:
1) 2; 2) 4; 3) 3; 4) 4.
3. Сколько термодинамических потенциалов можно построить для однокомпонентной однофазной системы:
1) 2; 2) 4; 3) 3; 4) 4.
4. Сколько уравнений состояния можно построить для однокомпонентной однофазной системы при заданном термодинамическом потенциале:
1) 2; 2) 4; 3) 3; 4) 4.
5. Адиабатический процесс на фазовой диаграмме давление – объем изображается линией:
1) горизонтальной; 2) вертикальной; 3) спадающей быстрее изотермы; 4) спадающей медленнее изотермы.
6. Полная работа в замкнутом термодинамическом цикле:
1) равна нулю; 2) положительна; 3) отрицательна; 4) зависит от направления обхода цикла.
7. Полное количество теплоты в замкнутом термодинамическом цикле:
1) равно нулю; 2) положительно; 3) отрицательно; 4) зависит от направления обхода цикла.
8. Максимально возможный КПД теплового двигателя:
1) равен единице; 2) больше единицы; 3) меньше единицы; 4) произволен.
9. Отношение теплоемкости при постоянном давлении к теплоемкости при постоянном объеме:
1) равно единице; 2) больше единицы; 3) меньше единицы; 4) произвольно.
10. Отношение сжимаемости при постоянной температуре к теплоемкости при постоянной энтропии:
1) равно единице; 2) больше единицы; 3) меньше единицы; 4) произвольно.
11. Условие термодинамической устойчивости системы состоит в том, что сжимаемость системы:
1) положительна; 2) отрицательна; 3) равна нулю; 4) любая.
12. Условие термодинамической устойчивости системы состоит в том, что теплоемкость системы:
1) положительна; 2) отрицательна; 3) равна нулю; 4) любая.

Ответы: 1 – 2; 2 – 3; 3 – 4; 4 – 3; 5 – 3; 6 – 4; 7 – 4; 8 – 3; 9 – 2; 10 – 2; 11 – 2; 12 – 1.

Тесты по части курса «Статистическая физика»

1. Полное число соударений между частицами идеального газа в единицу времени пропорционально следующей степени температуры:
1) 0; 1) 2; 3) $\frac{1}{2}$; 4) 1.
2. Средняя длина свободного пробега между частицами идеального газа пропорциональна следующей степени температуры:
1) 0; 2) 2; 3) $\frac{1}{2}$; 4) 1.
3. Коэффициент вязкости (внутреннего трения) в идеальном газе пропорционален следующей степени температуры:
1) 1; 2) 2; 3) 1; 4) $\frac{1}{2}$.
4. Коэффициент диффузии в идеальном газе пропорционален следующей степени средней длины свободного пробега:
1) 0; 2) 2; 3) $\frac{1}{2}$; 4) 1.
5. Средний квадрат смещения для одномерного броуновского движения (формула Эйнштейна) пропорционален следующей степени времени:
1) 2; 2) 0; 3) 1; 4) $\frac{1}{2}$.
6. Дисперсия скорости одномерного броуновского движения пропорциональна следующей степени температуры:

1) 1; 2) 2; 3) 1; 4) $\frac{1}{2}$.

7. Дисперсия скорости одномерного броуновского движения обратно пропорциональна следующей степени массы частицы:

1) 2; 2) 0; 3) 1; 4) $\frac{1}{2}$.

8. В уравнениях термодинамики неравновесных процессов потоки пропорциональны следующей степени градиентов термодинамических параметров:

1) 2; 2) 1; 3) $\frac{1}{2}$; 4) 0.

9. Принцип Онзагера утверждает, что рассеяние энергии в необратимых процессах:

1) минимально; 2) максимально; 3) равно нулю; 4) отрицательно.

10. Принцип Пригожина утверждает, что возникновение энтропии в необратимых процессах:

1) минимально; 2) максимально; 3) равно нулю; 4) отрицательно.

Ответы: 1 – 3, 2 – 1, 3 – 4, 4 – 1, 5 – 3, 6 – 3, 7 – 3, 8 – 2, 9 – 1, 10 – 1.

Примерные вопросы к итоговой аттестации по курсу «Термодинамика и статистическая физика»

1. Термодинамические уравнения состояния (УС) для идеального газа микрочастиц в классическом режиме Максвелла – Больцмана.
2. Статистическая сумма идеальных квантовых газов – ферми и бозе. Различие их физических свойств в основном состоянии.
3. Термодинамические уравнения состояния (УС) для идеальных квантовых газов в слабо вырожденном режиме. Различие в поведении ферми- и бозе-газов.
4. Термодинамические уравнения состояния (УС) для слабо неидеальной электронейтральной плазмы. Понятие дебаевского экранирования.
5. Физические условия квантового вырождения (по поступательным степеням свободы) для идеального газа массивных частиц.
6. Физические условия квантового вырождения по вращательным и степеням свободы для идеального газа двухатомных молекул. Нарушение закона о равномерном распределении энергии.
7. Физические условия квантового вырождения по колебательным степеням свободы для идеального газа двухатомных молекул. Нарушение закона о равномерном распределении энергии.
8. Физические условия квантового вырождения по электронным степеням свободы для идеального газа двухатомных молекул. Нарушение закона о равномерном распределении энергии.
9. Общее понятие конденсированного состояния. Соотношение среднего расстояния между частицами и минимума межчастичного потенциала.
10. Адиабатическое приближение для электронной и ионной подсистем в рамках модели Блоха. Электроны проводимости как квазичастицы. Классификация твердых тел по зонной структуре.
11. Физическое описание кристаллической решетки твердого тела. Гармоническое приближение в рамках моделей Эйнштейна и Дебая. Фононы как квазичастицы.
12. Учет ангармонических эффектов для описания давления и теплового расширения твердых тел.
13. Классификация твердых тел по магнитным свойствам: слабым (диа- и парамагнетизм) и сильным (ферро- и антиферромагнетизм). Понятие магнитной восприимчивости, ее знак и величина.
14. Физические свойства идеального парамагнетика. Закон Кюри для магнитной восприимчивости.
15. Невозможность диамагнетизма в классическом описании. Теорема Ван Левен–Терлецкого.
16. Диамагнетизм в квантовом описании. Уровни Ландау. Независимость диамагнитной восприимчивости от температуры.
17. Понятие о характеристических временах неравновесных процессов (кинетических, гидро-

и термодинамических).

18. Локальное термодинамическое равновесие и условия его применимости. Условия выделения физически малого объема.

19. Производство энтропии и его связь со 2-ым началом термодинамики (в полной формулировке Клаузиуса).

20. Понятие термодинамических сил и потоков и их связь с производством энтропии в линейном (онзагеровском) приближении.

21. Уравнения баланса (локальные) и законы сохранения (глобальные). Законы Фурье, Фика и Ома.

22. Понятие о процессах и коэффициентах переноса – диффузии, теплопроводности и вязкости.

23. Понятие о кинетическом уравнении. Уравнение Больцмана.

24. Уравнения Фоккера–Планка и Эйнштейна–Смолуховского.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО РУДН.

Руководитель направления 03.03.02

Директор института физических исследований и технологий,

д.ф.-м.н., профессор



О.Т. Лоза