

Утверждено  
решением Ученого Совета  
физического факультета МГУ  
от 26.12.2019 г.

Декан физического факультета МГУ  
профессор Н.Н.Сысоев



Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова  
Магистерская программа  
*«Математические методы в квантовой теории поля и статистической механике»*

### **Билет № 1**

1. Понятие фазового пространства. Теорема Лиувилля. Уравнение Лиувилля.
2. Энтропия Ренни. Распределение Ренни как решение задачи о максимизации функционала.
3. Рассчитать статистическую сумму одномерной модели Изинга с взаимодействием ближайших соседей.

### **Билет № 2**

1. Уравнение Sin-Гордона. Преобразование Бэклунда. Солитонные решения уравнения Sin-Гордона.
2. Энтропия Тсаллиса. q-деформированные функции. Неаддитивность энтропии.
3. Получить выражение для давления реального газа через радиальную функцию распределения.

### **Билет № 3**

1. Линейный режим неравновесной термодинамики. Соотношения взаимности Онзагера. Принцип симметрии Кюри.
2. Вторичное квантование. Оператор плотности числа частиц. Связь с оператором числа частиц.
3. Получить выражение для локального производства энтропии с учетом теплопроводности, диффузии и наличия химических реакций.

### **Билет № 4**

1. Термоэлектрические эффекты. Эффект Зеебека. Эффект Пельтье.
2. Теорема Пуанкаре.
3. Показать, что для эргодической системы среднее по времени от любой однозначной функции состояния равно среднему статистическому по микроканонически распределенным системам.

### **Билет № 5**

1. Вектор состояния в представлении Фока. Операторные волновые функции и их свойства.
2. Проблема нахождения неравновесных функций распределения. Цепочка Боголюбова-Борна-Грина-Кирквуда-Ивона.
3. Получить выражение, связывающее теплоту Пельтье с коэффициентами Онсагера.

## **Билет № 6**

1. Методы ускоренной сходимости рядов теории возмущений в статистической физике.
2. Общее выражение для локального производства энтропии. Термодинамические силы и термодинамические потоки в случае теплопроводности, диффузии, электропроводности, химических реакций.
3. Найти трансфер-матрицу для одномерной гауссовой модели.

## **Билет № 7**

1. Микроканоническое распределение Гиббса. Определение энтропии. Энтропия по Шенону.
2. Модель Изинга. Метод трансфер-матрицы.
3. Проверить выполнение коммутационных соотношений для преобразованных операторов спина:  $S'_x = \cos(a)S_x + \sin(a)S_y$ ,  $S'_y = -\sin(a)S_x + \cos(a)S_y$ ,  $S'_z = S_z$ .

## **Билет № 8**

1. Уравнение Кортевега-де Фриса. Периодические и солитонные решения.
2. Кубит. Операторы измерения, матрица плотности.
3. Выразить статистическую сумму через трансфер-матрицу для одномерной классической XY модели.

## **Билет № 9**

1. Диагонализация гамильтониана системы фермионов. (u-v) преобразования Боголюбова.
2. Квантовая телепортация. Копирование кубита.
3. Получить без использования энтропии уравнения Клапейрона-Клаузиуса и
$$\left(\frac{\partial E}{\partial V}\right)_{\theta,N} + p = \theta \left(\frac{\partial p}{\partial \theta}\right)_{V,N}.$$

## **Билет № 10**

1. Неравновесная линейная термодинамика. Открытые системы. Теорема о минимуме производства энтропии.
2. Квантовая модель Изинга. Xh-модель.
3. Методом канонических преобразований. Диагонализовать квадратичную форму
$$\sum_{f,g} E_{f,g} \hat{a}_f^+ \hat{a}_g$$

## **Билет № 11**

1. Метод вторичного квантования. Бозе-операторы рождения и уничтожения.
2. Обобщенные уравнения состояния. Уравнение Каттанео с демпфером. Локально-равновесная и обобщенная температура.
3. Определить парамагнитную восприимчивость газа свободных электронов.

## **Билет № 12**

1. Понятие о квазичастицах. Магноны. Спиновые волны.
2. Неустойчивость Бенара. Производство энтропии. Реакция Белоусова- Жаботинского.
3. Используя теорему о спариваниях, определить дисперсию среднего числа заполнения для равновесного идеального бозе-газа выше температуры его конденсации

#### **Билет № 13**

1. Нарушение неравенства треугольника в квантовой теории вероятностей.
2. Уравнение Шрёдингера. Уравнение Неймана. Равновесный случай. Нормированная и ненормированная матрицы плотности.
3. Найти температурный скачок на поверхности твердого тела, находящегося в потоке Не-II.

#### **Билет № 14**

1. Видовые и родовые функции распределения. Цепочка уравнений для родовых функций распределения.
2. Большое каноническое распределение Гиббса. Метод Урселла.
3. Используя теорему о спариваниях, определить дисперсию среднего числа заполнения для равновесного идеального ферми-газа выше температуры его вырождения.

#### **Билет №15.**

1. Нарушение частичной упорядоченности в квантовой теории вероятностей.
2. Диссипативная эволюция матрицы плотности. Уравнение Линдблада для матрицы плотности.
3. Пользуясь системой уравнений двухжидкостной гидродинамики, определить скорость распространения первого и второго звука в Не-II.