

**«УТВЕРЖДАЮ»**

И.о. декана физического факультета МГУ

профессор Белокуров В.В.



---

**БИЛЕТЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА**

**Направление подготовки 03.04.02 «Физика»**

**Магистерская программа**

**«МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КВАНТОВОЙ СТАТИСТИКИ И ТЕОРИИ ПОЛЯ»**

### Билет № 1

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

### Билет № 2

1. Уравнение Син-Гордона. Преобразование Бэклунда. Солитонные решения уравнения Син-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 Шеннону.
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 He-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 He-II.