

Термодинамика и статистическая физика. Физический факультет, 4 курс, 7 семестр.

Занятие №10. Флуктуации.

1. Флуктуации энергии и числа частиц.
2. Распределение Гаусса.
3. Флуктуации в неизолированных системах.
4. Флуктуации основных термодинамических величин.
5. Распределение Пуассона.
6. Корреляционные функции.
7. Броуновское движение.
8. Пространственная корреляция флуктуаций плотности.
9. Обобщенная восприимчивость.
10. Формула Кубо для обобщенной восприимчивости.
11. Флуктуационно-диссипативная теорема.
12. Флуктуации тока. Формула Найквиста.

Задача 1. Одной из основных причин молекулярного рассеяния света являются флуктуации плотности. В спектре рассеянного света наблюдается триплет, центральная компонента которого обусловлена флуктуациями энтропии, а боковые, связанные с доплеровским смещением в звуковой волне – флуктуациями давления. Найти отношение интенсивности центральной компоненты к интенсивности компонент дублета.

Задача 2. При рассмотрении броуновского движения частиц используется метод Ланжевена. Найти время, в течении которого скорость броуновского движения частиц уменьшается в e раз.

Задача 3. Определить, как изменится спектральная плотность $J(\omega)$ стационарного случайного процесса $x(t)$, если показания прибора, который измеряет значение $x_m(t)$, соответствуют среднему значению этой величины в течении времени каждого измерения τ : $x_m(t) = \frac{1}{\tau} \int_{t-\tau/2}^{t+\tau/2} dt' x(t')$.

Задача 4. Какую среднюю тепловую скорость броуновской частицы мы обнаружим при визуальном измерении за время $\tau = 0.1$ с? Масса частицы $m = 10^{-12}$ г, радиус $R = 10^{-4}$ см, температура среды $T = 300$ К, вязкость среды $\eta = 10^{-2}$ г/см * сек.

Домашнее задание:

1. Получить дисперсию числа частиц в выделенном объеме V и получить $\langle(\Delta v)^2\rangle$ для удельного объема.
2. Найти дисперсию угла отклонения от вертикали математического маятника в среде при температуре T .
3. Рассмотреть тепловые флуктуации в замкнутой цепи, состоящей из сопротивления R и индуктивности L , помещенной в термостат с температурой T . Определить спектральную плотность теплового шума ЭДС ε и тока I в цепи. Найти выражение для корреляционной функции $\langle I(t + \tau)I(t)\rangle$.

[1] с. 418-419 № 1-9; [1] с. 421; [2] с. 400-402 № 1-10; [6] с. 77-90 № 1-13.

Список литературы:

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика, ч. 1., Наука, Москва (1964).
2. Кубо Р. Статистическая механика. Мир, М. (1967).
3. Кубо Р. Термодинамика. Мир, М. (1970).
4. Ландсберг П. Задачи по термодинамике и статистической физике. Мир, М. (1974).
5. Ульянов В.В. Задачи по квантовой механике и квантовой статистике. Вища школа, Харьков (1980).
6. Кондратьев А.С., Романов В.П. Задачи по статистической физике. Наука, Москва (1992).
7. Морозов В.П. и др. Сборник задач по статистической физике. Горький (1980).
8. Варикаш В.М., Болсун А.И. Сборник задач по статистической физике.