

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ».

Физический факультет

Кафедра общей физики

Байнова Валерия Александровна

КУРСОВАЯ РАБОТА

Изучение фазового перехода гадолиния вблизи точки Кюри

Электромагнитный практикум, 2 курс, группа №19305

Научный руководитель:

Краснопевцев С. Е.
Оценка научного руководителя

«_____» _____ 20__ г.

Преподаватель практикума

к. ф. м. н. Симонов А. А.
Оценка преподавателя практикума

«_____» _____ 20__ г.

Куратор практикума:

к. т. н. В. Т. Астрелин
Итоговая оценка

«_____» _____ 20__ г.

Новосибирск 2020

Аннотация

Целью работы было получение температурной зависимости магнитной восприимчивости на основе метода дифференциального трансформатора. Для этой цели была собрана установка, состоящая из колбы с гадолинием, магазина взаимной индуктивности, блока регистрации и элемента Пельтье. Изучен метод дифференциального трансформатора. Определено влияние элемента Пельтье на результат исследования. Была найдена температурная зависимость. Определена точка Кюри. Использование элемента Пельтье позволяет исследовать магнитную восприимчивость в процессе нагревания и охлаждения и получать более точные значения.

Ключевые слова: элемент Пельтье, точка Кюри, температурная зависимость, магнитная восприимчивость.

Оглавление

1. ВВЕДЕНИЕ.....	4
2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА.....	5
3. МЕТОДИКА РАСЧЕТОВ.....	7
4. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ.....	8
5. ВЫВОДЫ.....	9
6. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	10

1. Введение

Часто в ситуациях, когда нужно охладить вещество с небольшой разницей температур, или, когда не важно, насколько энергетически эффективным будет охладитель, применяется элемент Пельтье. Элемент Пельтье - это термоэлектрические преобразователи, принцип работы которых основывается на эффекте Пельтье – возникновении разности температур при прохождении электрического тока. Рассмотрим подробнее принцип действия и устройство данного элемента.

Принцип работы элемента Пельтье заключается во взаимодействии одного токопроводящего материала с другим, отличным по энергетическому уровню электронов в проводящей области. Прохождение по такому каналу наделяет электрон большим энергетическим запасом, который позволяет ему перейти в проводящую область с более высоким энергетическим уровнем. Поглощение этой энергии приводит к понижению температуры в точке соединения проводников. При обратном движении тока контакт нагревает, следовательно, происходит стандартный тепловой эффект. Если по одной стороне подключён теплоотвод, в момент эксплуатации радиаторной системы вторая сторона даёт сильное охлаждения. При смене полярности также меняются положениями стороны нагрева и охлаждения.

Особенно явно эффект Пельтье можно наблюдать при использовании *p*- и *n*- полупроводников. В соответствии с направлением тока при переходе через *p-n*-соединения происходит поглощение, либо выделение энергии. Именно такая конструкция применяется в термоэлектрическом модуле. Термоэлектрический модуль состоит из нескольких термопар - конструкций которые представляют собой объединение *p*- и *n*- проводника. Поглощение теплоты будет происходить на *n-p*-контакте, а выделение на *p-n*-контакте. В результате возникает ситуация с разностью температур. Термопары фиксируются между парой пластин из керамических материалов. Каждая из

веток спаивается с медными проводящими площадками, которые в свою очередь скрепляются с теплопроводящим материалом.

В работе элемент Пельтье использовался для уменьшения погрешностей при определении точки Кюри. Точка Кюри – температура, при которой изменяется фазовое состояние вещества. При фазовом переходе из ферромагнитного состояния в парамагнитное температура Кюри имеет важное значение. Зависимость магнитной восприимчивости от температуры выше и ниже точки Кюри будет разной. При нуле температуры спонтанная намагниченность ферромагнетика M_s имеет максимальное значение. При повышении температуры возрастает дезориентирующая роль теплового движения, которая приводит к монотонному уменьшению спонтанной намагниченности и при достижении температуры Кюри T_c, M_s должна обратиться в нуль. Целью данной работы было определение точки Кюри и критического индекса магнитной восприимчивости.

Для достижения поставленной цели было предложено решить следующие задачи:

1. Ознакомиться с методом дифференциального трансформатора;
2. Ознакомиться с эффектом Пельтье;
3. Снять зависимость магнитной восприимчивости от температуры;
4. Определить точку Кюри и критический индекс магнитной восприимчивости.

2. Экспериментальная установка

На рис.1 представлена схема экспериментальной установки.

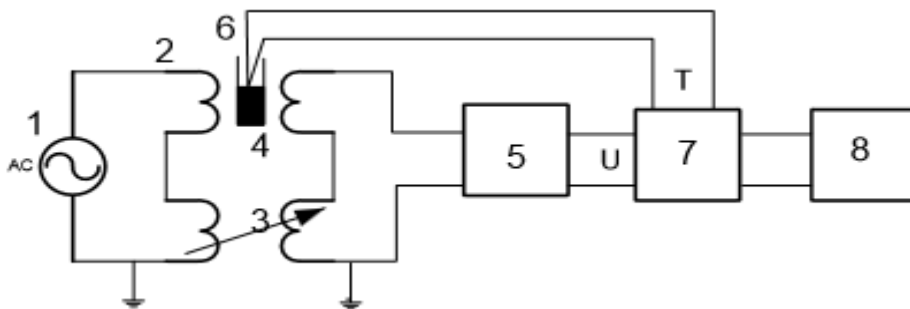


Рисунок.1. Схема экспериментальной установки.

1 – генератор низкой частоты; 2 – катушка взаимной индуктивности; 3 – магазин взаимной индуктивности; 4 – пробирка с образцом; 5 – селективный усилитель; 6- термопара; 7 – блок регистрации; 8 – персональный компьютер.

Ток от генератора низкой частоты 1 идет в последовательно соединенные первичные обмотки катушки взаимной индуктивности 2 и магазина взаимной индуктивности 3. Вторичные обмотки катушки и магазина индуктивности включены встречно, следовательно, возникающие в них ЭДС вычитаются. При равенстве коэффициентов взаимной индуктивности без образца выходное напряжение дифференциального трансформатора должно быть равно нулю. Когда исследуемый образец 4 помещается внутрь катушки, ЭДС во вторичной обмотке увеличивается, и на выходе дифференциального трансформатора появляется напряжение, величина которого пропорциональна магнитной восприимчивости образца. Это напряжение поступает на вход селективного усилителя 5 и измеряется вольтметром, который встроен в усилитель. В катушке находится нагреватель, подключенный к источнику постоянного тока. Температура измеряется термопарой 6, помещенной в пробирку с исследуемым веществом. Регистрация температурной зависимости магнитной восприимчивости производится блоком регистрации 7 и отображается на экране монитора ПК 8.

3. Методика расчетов

Полученные данные зависимости температуры от напряжения помогут выразить зависимость магнитной восприимчивости от температуры. Магнитная восприимчивость и напряжение прямопропорциональны.

Помимо самой точки Кюри существуют еще две важные точки - ферромагнитная T_c^{ϕ} и парамагнитная T_c^{π} точки Кюри. Эти точки нужны для определения границ переходной области. Найти их можно с помощью экстраполяции линейных участков.

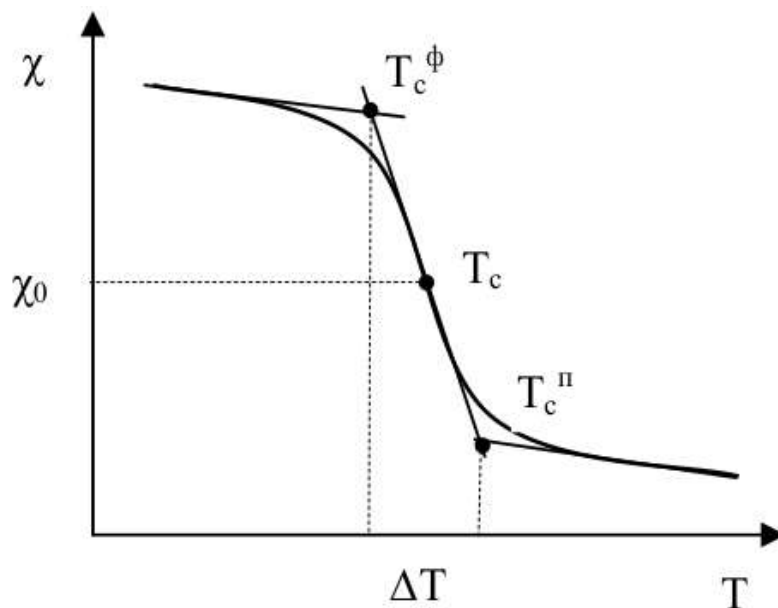


Рисунок 2. Определение температуры фазового перехода

Температурные зависимости спонтанной намагниченности M_s и магнитной восприимчивости χ можно описать следующими выражениями:

$$M_s = A(T_c - T)^\beta, T < T_c \quad (1),$$

$$\frac{1}{\chi} = B(T - T_c)^\gamma, T > T_c \quad (2),$$

где A и B – константы, γ и β - критические индексы магнитного перехода.

Исходя из выражения (2), в точке Кюри магнитная восприимчивость должна быть бесконечной, но для реальных образцов она принимает

значение χ_0 . За счет этого индекс магнитного перехода γ определяют из формулы:

$$\frac{1}{\chi} - \frac{1}{\chi_0} = B(T - T_c)^\gamma \quad (3).$$

Чтобы определить критический индекс магнитной восприимчивости γ , необходимо построить график зависимости $\lg(\frac{1}{\chi} - \frac{1}{\chi_0})$ от $\lg(T - T_c)$ (4) и по угловому коэффициенту прямой определить γ .

4. Обработка результатов

При проведении эксперимента в качестве образца был взят гадолиний. Пробирка с образцом остужалась с помощью элемента Пелетье. С помощью полученных данных был построен график зависимости магнитной восприимчивости от температуры (рис.3), с помощью которого были определены значения границы фазового перехода и точки Кюри.

$$T_c^\phi = 19 \text{ С}, T_c^n = 23 \text{ С}, T_c = 21,5 \text{ С}, \chi_0 = 0,55$$

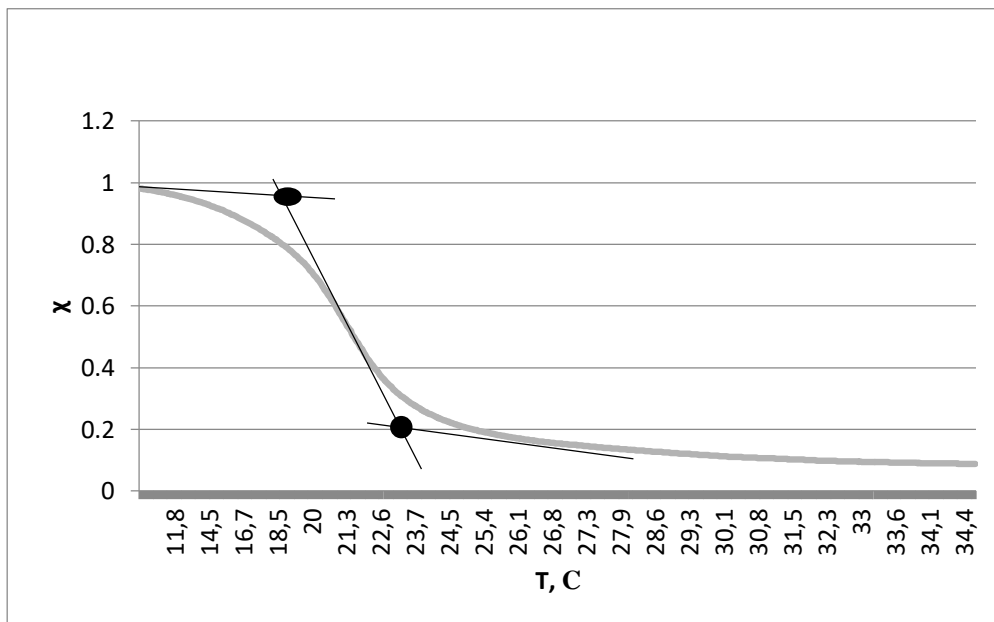


Рисунок 3. Зависимость магнитной восприимчивости от температуры

Значение T_c^n так же можно определить по графику зависимости обратной магнитной восприимчивости от температуры (рис.4). В результате такого вычисления $T_c^n = 18,7 \text{ С}$.

Для определения критического индекса магнитной восприимчивости γ был построен график зависимости (4)(рис.5). $\gamma = 1,1$.

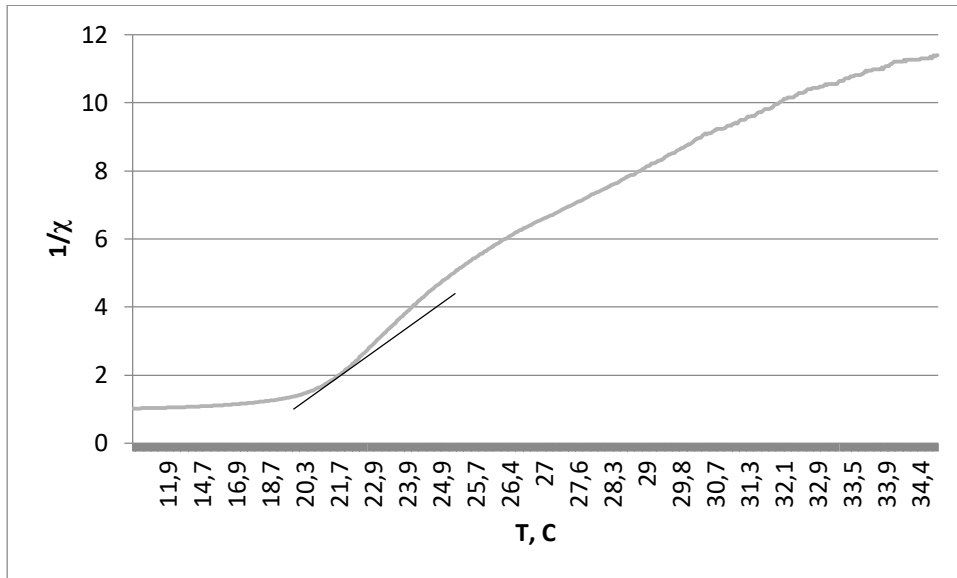


Рисунок 4. Зависимость обратной магнитной восприимчивости от температуры

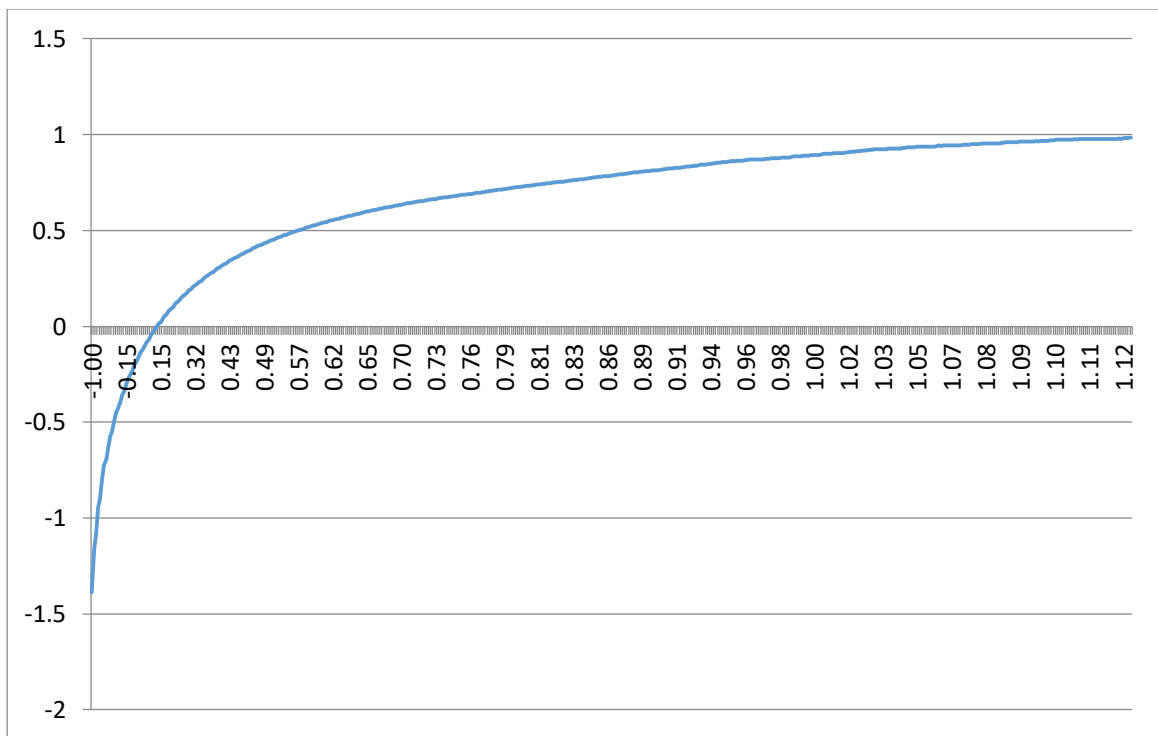


Рисунок 5. Зависимость $\lg(\frac{1}{\chi} - \frac{1}{\chi_0})$ от $\lg(T - T_c)$

5. Выводы

В ходе выполнения работы я познакомилась с методом дифференциального трансформатора. Изучила устройство и работу элемента

Пелетье. С помощью зависимости магнитной восприимчивости от температуры была определена точка Кюри и границы фазового перехода. Также был найден критический индекс магнитной восприимчивости. Все полученные данные согласуются с табличными значениями.

В ходе выполнения работы было замечено, что фазовые переходы можно наблюдать не только при нагревании, но при охлаждении. Полученные знания предполагают дальнейшее изучение фазовых переходов.

6. Список литературы

1. Костюрина А. Г. , Бордзиловский С. А. , Максимов В. В. , Терещенко О. Е. Электрические и магнитные свойства твердых тел. Новосибирск, НГУ. 129с.
2. Д. В. Сивухин. Общий курс физики. Электричество. Т.3. М.Наука, 1996. 687с.
3. Л. С. Стильбанс. Физика полупроводников. М. Советское радио, 1967. 452с.
4. В. Л. Бонч-Бруевич, С. Г. Калашников. Физика полупроводников. М. Наука, 1977. 672с.