

Работа 3.4.2

Закон Кюри-Вейса

Шарапов Денис, Зелёный Николай, Б05-005

Содержание

| | | |
|-----|---|---|
| 1 | Аннотация | 2 |
| 1.1 | Экспериментальная установка | 2 |
| 2 | Результаты измерений и обработка данных | 3 |
| 3 | Вывод | 3 |

1 Аннотация

Цель работы: изучение температурной зависимости магнитной восприимчивости ферромагнетика выше точки Кюри.

В работе используются: катушка с образцом из гадолиния, термостат, частотомер, цифровой вольтметр, LC -автогенератор, термопара медь-константан.

1.1 Экспериментальная установка

Экспериментальная установка. Схема установки для проверки Закона Кюри Вейсса показана на рис. Исследуемый ферромагнитный образец (гадолиний) расположен внутри пустотелой катушки самоиндукции, которая служит индуктивностью колебательного контура, входящего в состав LC -автогенератора. Автогенератор собран на полевом транзисторе КП-103 и смонтирован в виде отдельного блока.

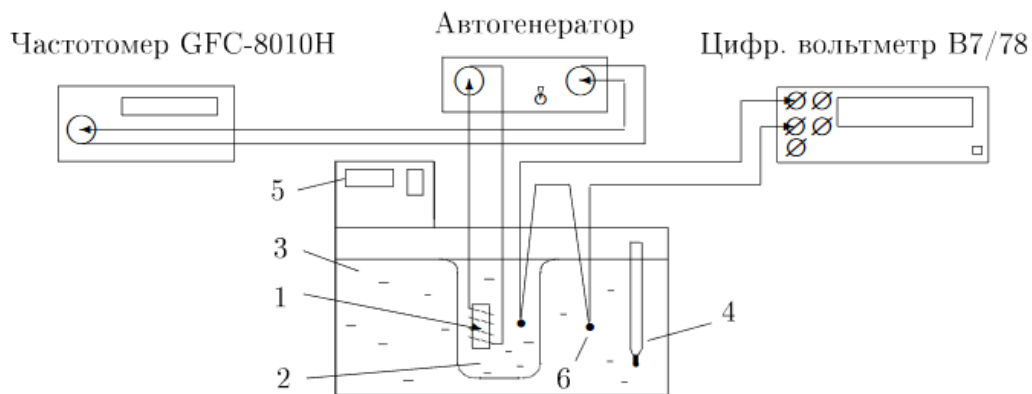


Рис. 1: Схема установки

Гадолиний является хорошим проводником электрического тока, а рабочая частота генератора достаточно велика (~ 50 кГц), поэтому для уменьшения вихревых токов образец изготовлен из мелких кусочков размером $\sim 0,5$ мм. Катушка 1 с образцом помещена в стеклянный сосуд 2, залитый трансформаторным маслом. Масло предохраняет образец от окисления и способствует ухудшению электрического контакта между отдельными частичками образца. Кроме того, оно улучшает тепловой контакт между образцом и термостатируемой (рабочей) жидкостью 3 в термостате. Ртутный термометр 4 используется для приближённой оценки температуры.

При изменении температуры меняется магнитная восприимчивость образца χ , а следовательно, самоиндукция катушки и период колебаний τ автогенератора. Для измерения периода используется частотомер. Закон Кюри Вейсса справедлив, если выполнено соотношение:

$$\frac{1}{\chi} \sim (T - \Theta_p) \sim \frac{1}{(\tau^2 - \tau_o^2)},$$

где τ_o - период колебаний в отсутствие образца.

Для охлаждения образца используется холодная водопроводная вода, циркулирующая вокруг сосуда с рабочей жидкостью (дистиллированной водой); рабочая жидкость постоянно перемешивается.

Величина стабилизируемой температуры задаётся на дисплее 5 термостата. Для нагрева служит внутренний электронагреватель, не показанный на рисунке 1.

Когда температура рабочей жидкости в сосуде приближается к заданной, непрерывный режим работы нагревателя автоматически переходит в импульсный (нагреватель то включается, то выключается) - начинается процесс стабилизации температуры.

Температура исследуемого образца всегда несколько отличается от температуры дистиллированной воды в сосуде. После того как вода достигла заданной температуры, идёт медленный процесс выравнивания температур образца и воды. Разность их температур контролируется с помощью медноконстантановой термопары 6 и цифрового вольтметра. Один из спаев термопары находится в тепловом контакте с образцом, а другой погружён в воду. Концы термопары подключены к цифровому вольтметру. Рекомендуется измерять период колебаний автогенератора в тот момент, когда указанная разность температур становится $\leq 0,5^\circ\text{C}$. Чувствительность термопары

$$K = 24 \text{ град/мВ.}$$

2 Результаты измерений и обработка данных

Исследуем зависимость периода колебаний LC -генератора от температуры образца, отмечая период колебаний τ по частотометру, а температуру T — по показаниям дисплея и цифровому вольтметру. Результаты измерений внесём в таблицу 1.

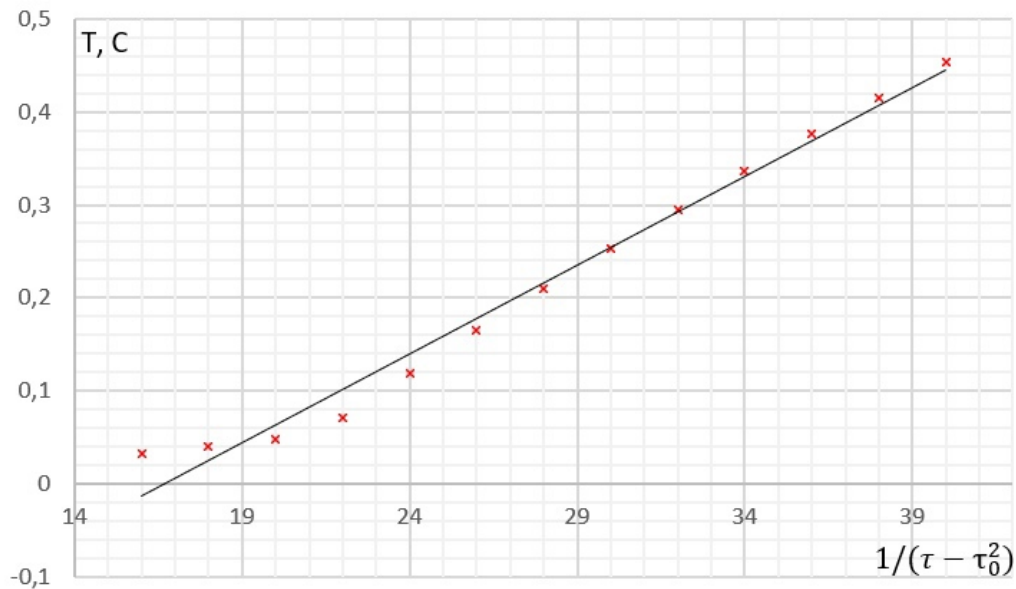


Рис. 2: Схема установки

Построим график зависимости $1/(\tau^2 - \tau_0^2)$ от T . Экстраполируем линейный участок зависимости, чтобы определить θ_p и θ_k для гадолия

$$\theta_p = 18,4 \pm 0,2^\circ\text{C},$$

$$\theta_k \approx 21,7 \pm 2^\circ\text{C}$$

3 Вывод

Причина, по которой прямая не достигает 0 заключается в том, что для этого должны формироваться колебания очень высокой частоты. Однако в данном случае появляются потери, вихревые токи и т. д.

Таблица 1: Результаты измерений

| $T, ^\circ\text{C}$ | $\tau, \text{мкс}$ | $1/(\tau^2 - \tau_0^2)$ |
|---------------------|--------------------|-------------------------|
| 16 | 9,953 | 0,0319 |
| 18 | 9,755 | 0,0403 |
| 20 | 9,442 | 0,0468 |
| 22 | 9,043 | 0,0709 |
| 24 | 8,751 | 0,1178 |
| 26 | 8,608 | 0,1642 |
| 28 | 8,534 | 0,2094 |
| 30 | 8,486 | 0,2529 |
| 32 | 8,456 | 0,2947 |
| 34 | 8,429 | 0,3364 |
| 36 | 8,409 | 0,3772 |
| 38 | 8,397 | 0,4154 |
| 40 | 8,384 | 0,4530 |

При больших температурах индуктивность катушки из гадолиния сильно падает, но ведь в ней используются и другие материалы, которыми ранее пренебрегли.

В исследуемом диапазоне от 19 до 36 °C закон Кюри-Вейса можно считать применимым.

Значение парамагнитной точки Кюри - $T_0 = 16 \pm 1^\circ\text{C}$.