

Лабораторная работа 3.4.2. Закон Кюри-Вейсса

Балдин Виктор

19 ноября 2024 г.

Краткая теория

В данной лабораторной работе предлагается проверить закон Кюри-Вейсса: при температуре выше температуры Кюри:

$$\chi \sim \frac{1}{T - \theta_P}$$

θ_P - парамагнитная точка Кюри.

Исследуемый материал будет помещен в катушку индуктивности, из-за чего её индуктивность будет меняться с температурой:

$$L - L_0 \sim \mu - 1 = \chi$$

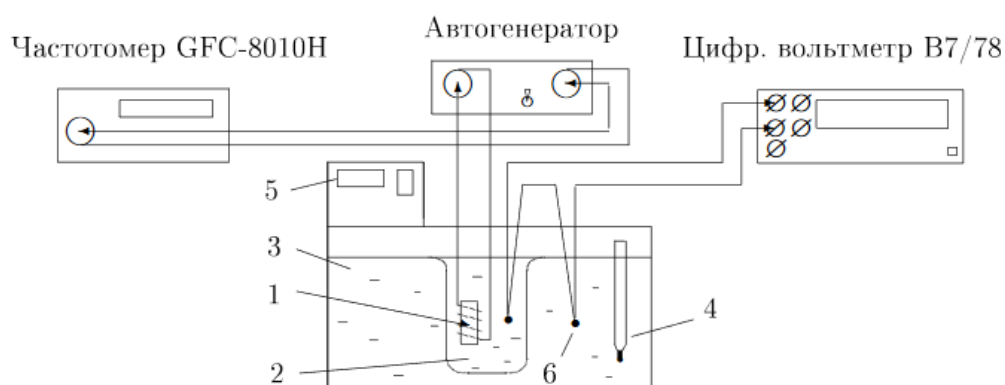
Изменение индуктивности будем наблюдать с помощью изменения периода колебаний: $\tau = 2\pi\sqrt{LC}$, поэтому

$$L - L_0 \sim \tau^2 - \tau_0^2 \rightarrow \chi \sim \tau^2 - \tau_0^2 \rightarrow \frac{1}{\tau^2 - \tau_0^2} \sim T - \theta_P$$

Здесь L_0 и τ_0 - индуктивность и период колебаний без образца в катушке соответственно.

Экспериментальная установка

Исследуемый ферромагнитный образец (гадолиний) расположен внутри пустотелой катушки самоиндукции, которая служит индуктивностью колебательного контура, входящего в состав LC -автогенератора.



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 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.

Измерения проводятся в интервале температур от 14°C до 40°C . Температура исследуемого образца всегда несколько отличается от температуры дистиллированной воды в сосуде. Эта разность температур фиксируется термопарой, чувствительность которой $K = 24 \frac{\text{град}}{\text{мВ}}$. ЭДС термопары измеряется цифровым вольтметром.

Результаты измерений и их обработка

Полученные значения τ при разных температурах записаны в таблице. Показания цифрового вольтметра изменялись достаточно сильно, поэтому примем их погрешность $\sigma_U = 0,002 \text{ мВ}$, что в измерении температуры даст погрешность $0,05^{\circ}\text{C}$. Вместе с погрешностью измерения температуры в термостате $0,05^{\circ}$ получаем погрешность $0,07^{\circ}\text{C}$ в измерении температуры образца.

Период колебаний без образца внутри катушки: $\tau_0 = 6,9092 \text{ мкс}$.

| $t, ^{\circ}\text{C}$ | $\Delta U, \text{ мВ}$ | $t_{\text{обп}}, ^{\circ}\text{C}$ | $\tau, \text{ мкс}$ |
|-----------------------|------------------------|------------------------------------|---------------------|
| 14,15 | -0,0100 | 13,91 | 7,923 |
| 16,08 | -0,013 | 15,768 | 7,865 |
| 18,14 | -0,0045 | 18,032 | 7,738 |
| 20,10 | -0,009 | 19,884 | 7,583 |
| 22,10 | -0,007 | 21,932 | 7,366 |
| 24,10 | -0,006 | 23,956 | 7,197 |
| 28,10 | -0,016 | 27,716 | 7,091 |
| 32,07 | -0,0165 | 31,674 | 7,044 |
| 36,09 | -0,007 | 35,922 | 7,016 |
| 40,07 | -0,014 | 39,734 | 7,003 |

Таблица 1: Значения периода колебаний в зависимости от температуры образца

По этим данным строит график $\frac{1}{\tau^2 - \tau_0^2} = f(T)$. Аппроксимируем прямой часть графика, начиная с пятого значения. Получили прямую $y \approx 0,035x - 0,58$. Тогда она пересечет ось абсцисс в точке $\theta_P = (16,84 \pm 1,44)^{\circ}\text{C}$ ($\varepsilon = 8,5\%$). Точку Кюри по графику определить достаточно сложно, если аппроксимировать первые несколько значений прямой, то точка Кюри будет примерно $\theta = 5,35^{\circ}\text{C}$.

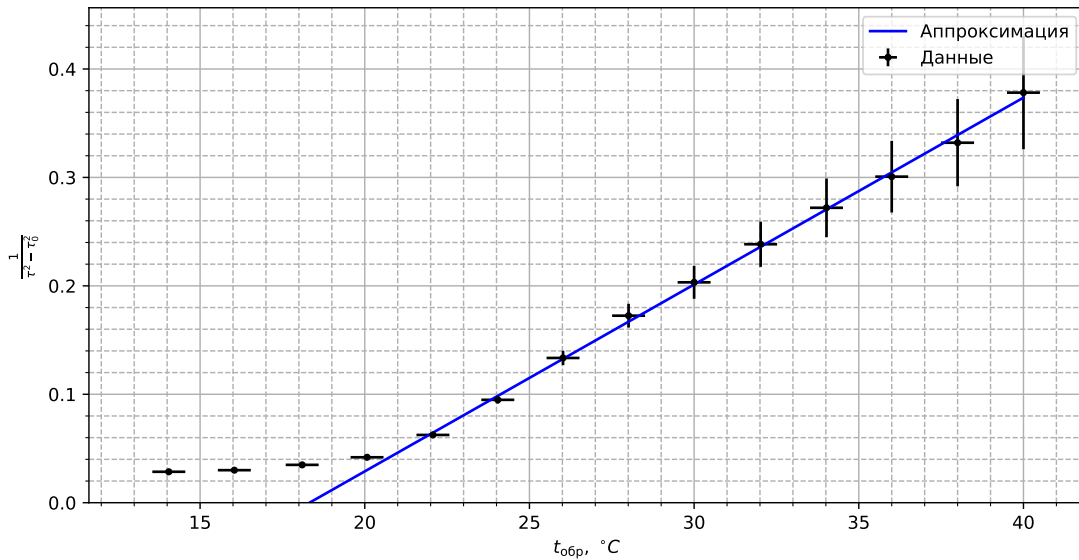


Рис. 1: Зависимость $\frac{1}{\tau^2 - \tau_0^2} = f(T)$

Выводы

В данной лабораторной работе мы проверили выполнимость закона Кюри-Вейсса, получив график зависимости $\frac{1}{\tau^2 - \tau_0^2} = f(T)$. Зависимость совпадает с теоретической по характеру, но значения точки Кюри и парамагнитной температуры Кюри достаточно сильно отличаются от теоретических: $\theta_{th} = 20,2^\circ C$, $\theta_{P_{th}} > \theta_{th}$. Различия связаны, прежде всего, с способом получения данных: график построен в координатах $\frac{1}{\tau^2 - \tau_0^2} = f(T)$, а $\frac{1}{\tau^2 - \tau_0^2} \sim \frac{1}{\chi}$, то есть строго равенства нет, есть только пропорциональность, а парамагнитная температура Кюри определяется из графика $\frac{1}{\chi}(T)$. Температура Кюри определялась экстраполяцией прямой на нелинейной зависимости, для которой мало точек, поэтому значения неточные.