

# 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:

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

$\theta_P$  - парамагнитная точка Кюри.

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

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

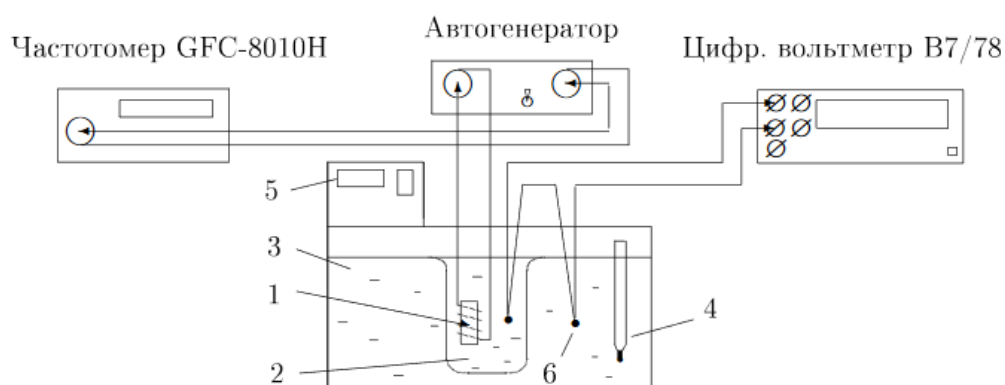
Изменение индуктивности будем наблюдать с помощью изменения периода колебаний:  $\tau = 2\pi\sqrt{LC}$ , поэтому

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

Здесь  $L_0$  и  $\tau_0$  - 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  $\chi$ , а следовательно, самоиндукция катушки и период колебаний  $\tau$  автогенератора. Для измерения периода используется частотомер.

Измерения проводятся в интервале температур от  $14^{\circ}\text{C}$  до  $40^{\circ}\text{C}$ . 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  $\tau$  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:  $\tau_0 = 9.05 \pm 0.01 \text{ мкс}$ .

$t, ^{\circ}\text{C}$	$\Delta U, \text{ мВ}$	$t_{\text{обп}}, ^{\circ}\text{C}$	$\tau, \text{ мкс}$
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. Тогда она пересечет ось абсцисс в точке  $\theta_P = (18 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ . Точку Кюри по графику определить достаточно сложно, если аппроксимировать первые несколько значений прямой, то точка Кюри будет  $\theta = (2 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ .

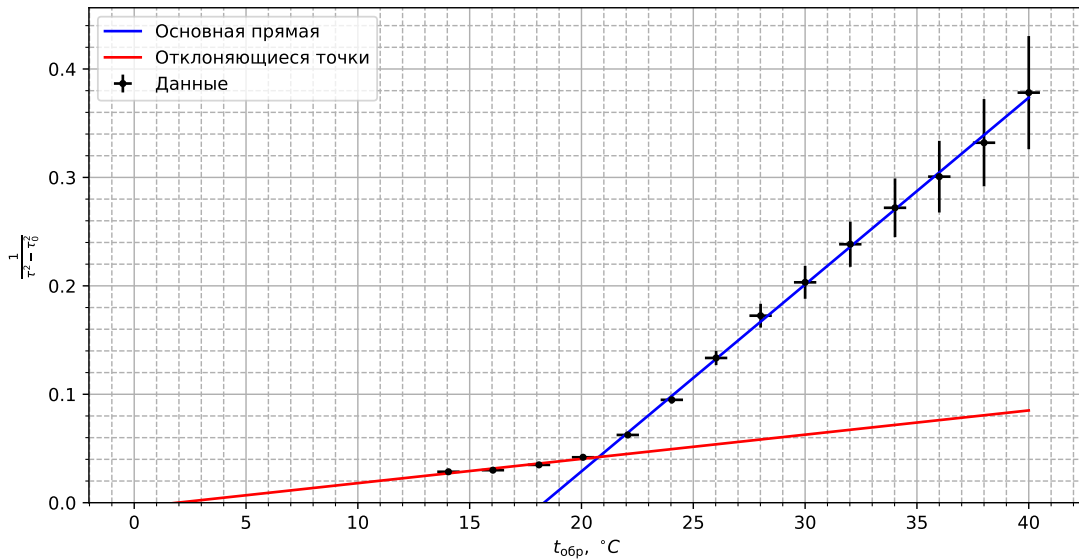


Рис. 1: Зависимость  $\frac{1}{\tau^2 - \tau_0^2} = f(T)$

## 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:  $\theta_{th} = 20,2^\circ\text{C}$ ,  $\theta_{P_{th}} > \theta_{th}$ . 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.