

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

## Закон Кюри-Вейсса

выполнила студентка 653 группы ФФКЭ

Карпова Татьяна

Долгопрудный, 2017 г.

# 1 Цель работы

Изучение температурной зависимости магнитной восприимчивости ферромагнетика выше точки Кюри

## 2 В работе используются:

- катушка самоиндукции с образцом из гадолиния
- термостат
- частотомер
- цифровой вольтметр
- LC-автогенератор
- термопара медь-константан

## 3 Теоретические положения

При повышении температуры  $T$  возрастает дезориентирующее действие теплового движения частиц, и магнитная восприимчивость ферромагнетиков убывает по закону Кюри-Вейсса

$$\chi \propto \frac{1}{T - \Theta_p}, \quad (1)$$

где  $\Theta_p$  - парамагнитная точка Кюри исследуемого вещества. При  $T < \Theta_p$  образец обладает ферромагнитными свойствами и может сохранять намагниченность, при  $T > \Theta_p$  образец ведёт себя как парамагнетик, для которого связь  $B$  и  $H$  однозначная:  $I = \chi H$ ,  $B = \mu H$ . Для исследования выбран гадолиний, так как его точка Кюри лежит в интервале комнатных температур.

## 4 Экспериментальная установка

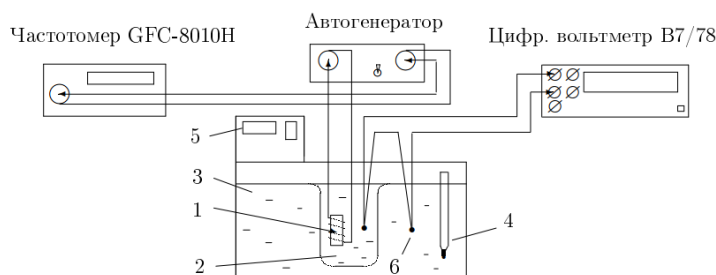


Рис. 1: Схема экспериментальной установки

Схема установки изображена на рис. 1. Исследуемый ферромагнитный образец (гадолиний) расположен внутри пустотелой катушки самоиндукции, которая служит индуктивностью колебательного контура, входящего в состав LC-автогенератора. Катушка с образцом помещена в стеклянный сосуд, залитый трансформаторным маслом. Температура образца регулируется с помощью термостата.

При изменении температуры по закону Кюри-Вейсса изменяется магнитная восприимчивость образца в катушке и, следовательно, изменяется самоиндуктивность этой катушки. При этом изменяется период колебаний автогенератора. Поэтому получаем, что

$$\frac{1}{\chi} (T - \Theta_p) \frac{1}{(\tau^2 - \tau_0^2)}, \quad (2)$$

где  $\tau$  и  $\tau_0$  - период колебаний в цепи с сердечником в катушке и без него соответственно. Измерения проводятся в интервале температур от 14 °C до 40 °C

## 5 Ход работы

1. Подготовим приборы к работе. Оценим допустимую ЭДС термопары:  $dV = k * \Delta T = 12$  мВ, где  $k = 24$ град/мВ и  $\Delta T = 0.5^\circ\text{C}$ . Зафиксируем период колебаний контура без сердечника в катушке:  $\tau_0 = 9.05$  мкс
2. Исследуем зависимость периода колебания генератора от температуры образца, отмечая период колебаний  $\tau$  по частотомеру, а температуру  $T$  - по показаниям дисплея и цифровому вольтметру. Занесём в таблицу измеренные и рассчитанные значения, погрешность определения температуры по дисплею термостата  $\pm 0.5^\circ\text{C}$ , погрешность термопары составляет 12 единиц последнего разряда, получаем, что погрешность определения температуры по ней также  $\pm 0.5^\circ\text{C}$ .

Таблица 1: Зависимость периода колебаний в генераторе от температуры образца

$T, ^\circ\text{C}$	15.5	16.01	18.01	20	22	24	26
$\tau$ , мкс	10.724	10.703	10.570	10.320	9.972	9.611	9.432
$dV$ , мВ	-0.002	-0.008	-0.019	-0.022	-0.022	-0.021	-0.021
$T_{real}, ^\circ\text{C}$	15.417	15.677	17.218	19.083	21.083	23.125	25.125
$\frac{1}{(\tau^2 - \tau_0^2)}$ , мкс $^{-2}$	0.030	0.031	0.034	0.041	0.057	0.096	0.142
$T, ^\circ\text{C}$	28	30	32	34	36	38	40
$\tau$ , мкс	9.342	9.288	9.252	9.226	9.206	9.190	9.178
$dV$ , мВ	-0.020	-0.018	-0.017	-0.018	-0.017	-0.016	-0.016
$T_{real}, ^\circ\text{C}$	27.167	29.250	31.292	33.250	35.292	37.333	39.333
$\frac{1}{(\tau^2 - \tau_0^2)}$ , мкс $^{-2}$	0.186	0.229	0.270	0.311	0.351	0.392	0.429

3. Построим график зависимости  $\frac{1}{(\tau^2 - \tau_0^2)} = f(T)$ . Прямую ферромагнитного участка экстраполируем к оси абсцисс, полученное значение - экспериментальное значение точки Кюри для исследуемого образца.

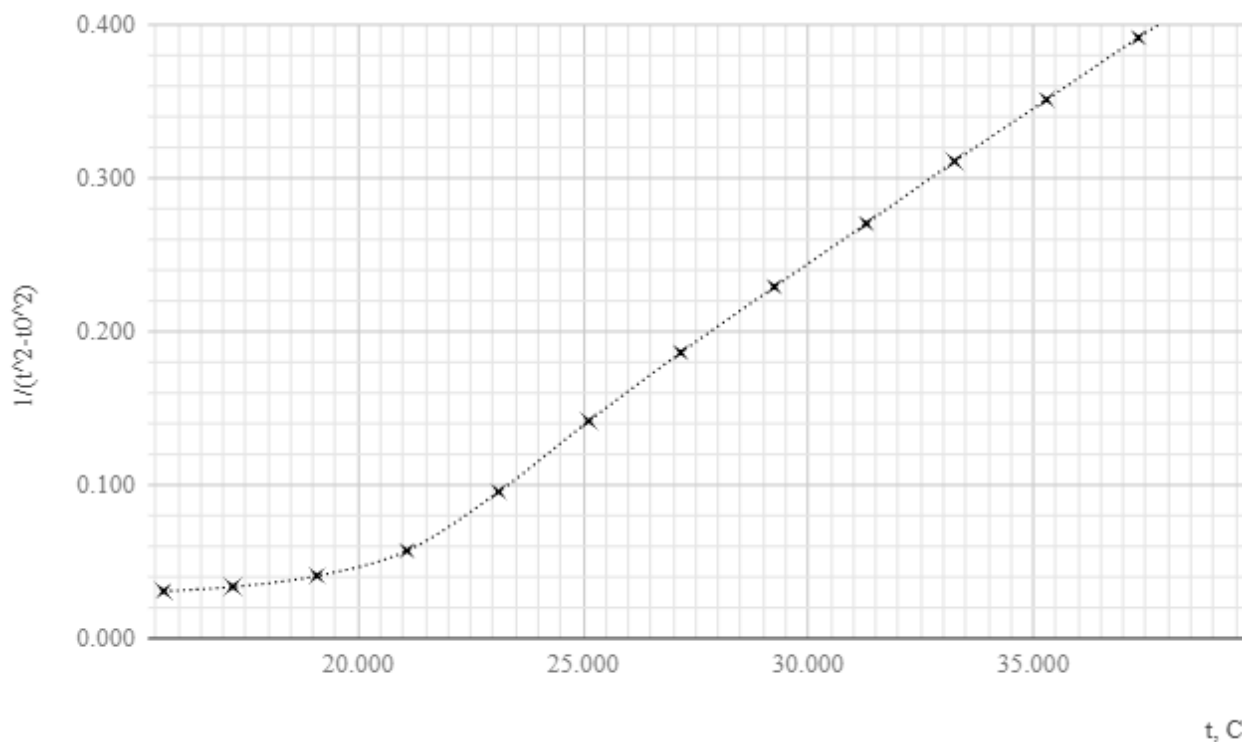


Рис. 2: Зависимость  $\frac{1}{(\tau^2 - \tau_0^2)} = f(T)$

4. Получаем значение точки Кюри гадолиния  $\Theta_p = 18.6 \pm 0.7^\circ\text{C}$ . Табличное значение этой величины составляет  $19^\circ$  по данным [ru.wikipedia.org/wiki/ТочкаКюри](http://ru.wikipedia.org/wiki/ТочкаКюри) и [megabook.ru/article/Гадолиний](http://megabook.ru/article/Гадолиний).

## 6 Вывод

В ходе работы была экспериментально определена парамагнитная точка Кюри для гадолиния, исследован переход его от ферромагнитного к парамагнитному состоянию. Значение точки Кюри совпало со справочным значением:

$$\Theta_{th} = 19^{\circ}\text{C} \qquad \Theta_{ex} = 18.6 \pm 0.7^{\circ}\text{C}$$

Можно сделать вывод, что данный метод можно использовать для веществ, у которых точка Кюри находится в интервале комнатных температур. Для других веществ можно, например, в качестве среды в термостате использовать нагретый до нужных температур пар.