

3.4.2 (4.15) ЗАКОН КЮРИ–ВЕЙССА

ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ

IX-2016 г.

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

Экспериментальная установка. Схема установки для проверки закона Кюри–Вейсса показана на рис. 2. 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.

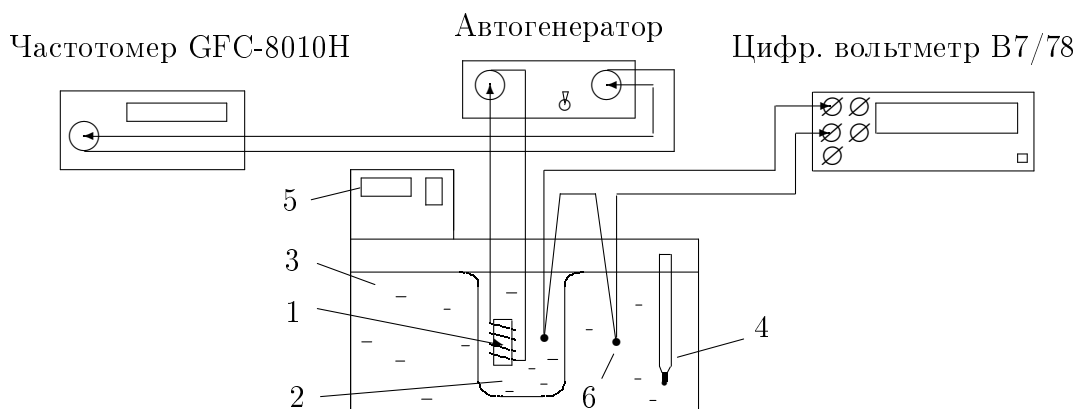


Рис. 2. Схема экспериментальной установки

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

$$\frac{1}{\chi} \sim (T - \Theta_p) \sim \frac{1}{(\tau^2 - \tau_0^2)}, \quad (7)$$

где τ_0 — период колебаний в отсутствие образца.

Измерения проводятся в интервале температур от 14 °С до 40 °С. С целью экономии времени следует начинать измерения с низких температур.

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.

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 медно-константановой 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 $\leq 0,5$ °С. Чувствительность термопары $k=24$ град/мВ.

ЗАДАНИЕ

В работе предлагается исследовать зависимость периода колебаний автогенератора от температуры сердечника катушки и по результатам измерений определить парамагнитную точку Кюри гадолиния.

1. Подготовка приборов к работе

1. Перед началом работы охладите термостат, руководствуясь техническим описанием (ТО), расположенным в папке. Если водопроводная вода недостаточно холодная, охлаждение выполняет лаборант (в термостат загружается лёд).
2. Пока образец охлаждается, подготовьте к работе остальные приборы.

Включите в сеть автогенератор.

Включите частотомер GFC-8010 (время прогрева ~ 30 мин); выберите чувствительность входного канала 1/1 (кнопка «АТТ» утоплена); кнопкой

«FREQ/PRID» (частота/период) установите режим измерения периода [период измеряется в милли (m), микро (μ) или нано (n) секундах (S)].

Включите вольтметр В7-78, при этом на дисплее появляется надпись "mVDC" — милливольты постоянного тока (direct current); для увеличения числа значащих цифр нажмите кнопку «pref» (выбор) и кнопку с синей цифрой над ней — 6; погрешность составляет 12 ед. младшего разряда.

3. Оцените допустимую ЭДС термопары, если допустимая разность температур образца и рабочей жидкости $\Delta T = 0,5^\circ\text{C}$, а постоянная термопары $k=24$ град/мВ.

II. Измерения

4. Исследуйте зависимость периода колебаний LC -генератора от температуры образца, отмечая период колебаний τ по частотомеру, а температуру T — по показаниям дисплея и цифровому вольтметру (ΔU с учётом знака!). Термопара подключена так, что при знаке "+" на табло вольтметра температура образца выше температуры рабочей жидкости.

Проведите измерения в диапазоне от 14°C до 40°C через 2°C .

Запишите период колебаний τ_0 без образца, указанный на установке.

5. Закончив измерения, отключите все приборы.

Охлаждение термостата выполняют лаборанты (не включайте водопроводную воду!).

III. Обработка результатов

1. Рассчитайте температуру T образца с учётом показаний термопары. Постройте графики $(\tau^2 - \tau_0^2) = f(T)$ и $1/(\tau^2 - \tau_0^2) = f(T)$. На первом графике покажите точку Кюри, на втором, экстраполируя полученную прямую к оси абсцисс, определите парамагнитную точку Кюри Θ_p для гадолиния.

2. Оцените погрешности эксперимента и сравните результат с табличным.

Исправлено IX-2016 г.