


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра физики

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор –
проректор по учебной работе
Е.А. Кудряшов
«18» мая 2012 г.



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЧКИ КЮРИ ФЕРРОМАГНЕТИКА

Методические указания к выполнению лабораторной
работы № 44 по разделу "Электричество и магнетизм"

Курск 2012 г.

УДК 534.2

Составители: В.М. Полунин, А.Г. Беседин, А.М. Стороженко

Рецензент

Кандидат физ.-мат. наук, доцент кафедры ТиЭФ ЮЗГУ П.А.Красных

Определение точки Кюри ферромагнетика : методические указания к лабораторной работе № 44 по разделу „Электричество и магнетизм” / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: В.М. Полунин, А.Г. Беседин, А.М. Стороженко Курск, 2012. 7 с.: ил. 3. Библиогр.: 3 назв.

Содержат сведения по вопросам теории ферромагнетизма. Указывается подход к экспериментальному определению точки Кюри, основные особенности экспериментальной установки, порядок оформления и выполнения лабораторной работы.

Методические указания соответствуют требованиям Государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (2010 год) и рабочих учебных планов технических специальностей ЮЗГУ.

Предназначены для студентов технических специальностей дневной и заочной форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60 x 84 1/16.

Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж экз. Заказ . Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040 Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Определение точки Кюри ферромагнетика

Цель работы: определение точки Кюри одного из ферромагнетиков.

Приборы и принадлежности: исследуемый образец, печь, гальванометр, термопара, первичная и вторичная индукционные обмотки.

ВВЕДЕНИЕ

Если магнетик поместить в однородное магнитное поле в вакууме с индукцией \vec{B}_0 , то индукция магнитного поля внутри магнетика будет отличной от \vec{B}_0 . Это объясняется тем, что в состоянии намагничивания магнетик дает добавочную индукцию \vec{B}' , которая векторно складывается с первоначальной индукцией \vec{B}_0 . Векторная сумма $\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}'$ называется вектором магнитной индукции внутри магнетика. Вещества, для которых \vec{B}' совпадает по направлению с \vec{B}_0 , называются парамагнетиками. Внутри них магнитное поле усиливается. Вещества, для которых \vec{B}_0 и \vec{B}' противоположны по направлению, называются диамагнетиками. Магнитное поле внутри них ослабляется. Для диа- и парамагнетиков величина \vec{B}' пропорциональна \vec{B}_0 , т.е. $\vec{B}' = \mu \vec{B}_0$.

Величина μ называется магнитной проницаемостью среды. Для парамагнетиков (алюминий, платина и др.) $\mu > 1$, для диамагнетиков (медь, поваренная соль и др.) $\mu < 1$. Ферромагнетики характеризуются более сложной зависимостью вектора магнитной индукции от напряженности магнитного поля. Для них вводится понятие дифференциальной магнитной проницаемости

$$\mu = \frac{dB}{dB_0}.$$

Эта величина зависит от B_0 . Кроме того, для ферромагнетиков наблюдается явление гистерезиса. Это явление заключается в том, что магнитная индукция зависит не только от значения B_0 в данный

момент, но и от того, каково было B_0 раньше, иначе говоря, μ является неоднозначной функцией B_0 . Большое значение величины магнитной проницаемости μ для ферромагнетиков объясняется наличием в них макроскопических, но достаточно малых (обычно $< 0,01$ мм) областей спонтанного намагничивания, называемых доменами. В таких областях при отсутствии внешнего поля магнитные моменты всех атомов имеют одинаковое направление. При повышении температуры, начиная с некоторой, порядок в расположении магнитных моментов атомов нарушается, доменная структура исчезает, и ферромагнетик превращается в обычный парамагнетик. Эта температура, выше которой ферромагнитное вещество становится парамагнетиком, называется точкой Кюри.

Температура Кюри некоторых сплавов весьма низка, причем значительно ниже точки Кюри отдельных компонентов, входящих в этот сплав. Например, точка Кюри у сплавов никеля с железом (30% никеля, 70% железа) всего лишь 80-85°C.

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОЧКИ КЮРИ

Для определения точки Кюри в данной работе применяется установка, принципиальная схема которой приведена на рис.1. В печь помещается исследуемый образец 1, который нагревается спиралью 3. При прохождении переменного тока через спираль 3 индуцируется ток во вторичной обмотке 4. Этот ток регистрируется гальванометром 6. Первичная обмотка отделена от вторичной слоем теплоизолирующего материала 2; температура образца измеряется термопарой 5.

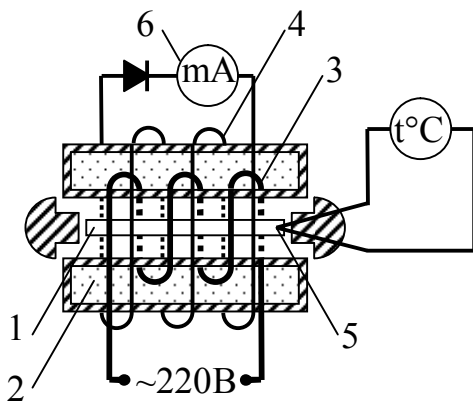


Рис. 1

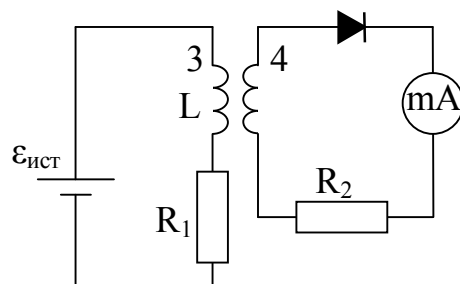


Рис. 2

При достижении температуры Кюри магнитные свойства образца изменяются, вследствие чего ЭДС индукции во вторичной обмотке резко падает, что отмечается гальванометром. Причина такого изменения ЭДС заключается в следующем: нагревательная спираль обладает как индуктивным, так и омическим сопротивлением R_1 . Поэтому принципиальную схему прибора можно представить, как это показано на рис.2.

Коэффициент самоиндукции первичной обмотки зависит от ее параметров и материала сердечника. По 2-му закону Кирхгофа:

$$\varepsilon_{\text{ист}} - \varepsilon'_{\text{инд}} = U_{R1}, \quad (1)$$

где $U_{R1} = I_1 \cdot R_1$ — падение напряжения на омическом сопротивлении обмотки; $\varepsilon'_{\text{инд}}$ — ЭДС индукции первичной обмотки.

Таким образом, ЭДС индукции равна

$$\varepsilon'_{\text{инд}} = \varepsilon_{\text{ист}} - I_1 \cdot R_1. \quad (2)$$

С другой стороны,

$$\varepsilon'_{\text{инд}} = -d\Phi/dt. \quad (3)$$

Здесь Φ — магнитный поток, проходящий через все N_1 витков первичной обмотки, равный

$$\Phi = N_1 \Phi_1,$$

где Φ_1 — магнитный поток, проходящий через один виток.

Так же магнитный поток Φ_1 пронизывает каждый виток вторичной обмотки. Общий поток, проходящий через N_2 витков вторичной обмотки, равен

$$\Phi_2 = N_2 \Phi_1.$$

Тогда ЭДС индукции в первичной и вторичной обмотках равны

$$\varepsilon'_{\text{инд}} = -N_1 \cdot \frac{d\Phi}{dt} \text{ и } \varepsilon''_{\text{инд}} = -N_2 \cdot \frac{d\Phi}{dt},$$

откуда

$$\varepsilon''_{\text{инд}} = \frac{N_2}{N_1} \cdot \varepsilon'_{\text{инд}}.$$

Подставив в последнее выражение $\varepsilon'_{\text{ист}}$ из уравнения (2), получим:

$$\varepsilon''_{\text{инд}} = \frac{N_2}{N_1} \cdot (\varepsilon_{\text{ист}} - I_1 R_1). \quad (3)$$

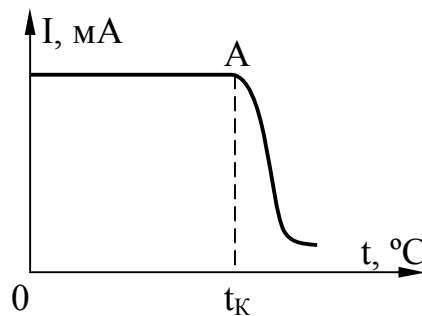
Из формулы (3) следует, что при $\varepsilon_{\text{ист}} = I_1 \cdot R_1$ ЭДС индукции во вторичной обмотке равна нулю.

Равенство $\varepsilon_{\text{ист}} = I_1 \cdot R_1$ выполняется лишь в том случае, когда индуктивное сопротивление в цепи первичной катушки равно нулю. Когда температура образца достигает точки Кюри, коэффициент самоиндукции, а, следовательно, и индуктивное сопротивление первичной обмотки, резко уменьшается и практически становится равным нулю. Поэтому $\varepsilon_{\text{инд}} \approx I_1 \cdot R_1$, а значит и ток во вторичной обмотке отсутствует. На этом основано определение точки Кюри ферромагнетиков.

ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

Включают печь и через каждые 10°C записывают значение тока в цепи вторичной обмотки по гальванометру. Когда ток вторичной обмотки начинает уменьшаться, показания снимают через каждое деление шкалы гальванометра. По полученным данным строят график.

По оси X откладывают показания терморного термометра, по оси Y - соответствующие им показания гальванометра. Для определения точки Кюри из точки перегиба A проводят пунктирную прямую до пересечения с осью X . Абсцисса точки пересечения даст значение температуры Кюри.



КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как классифицируются магнетики?
2. Почему значение μ для ферромагнетиков велико?
3. Почему при определенной температуре ферромагнетики изменяют свои магнитные свойства?
4. Что такое точка Кюри?
5. Начертите и объясните схему установки.

6. Почему ЭДС индукции во вторичной обмотке резко уменьшается при достижении образцом точки Кюри?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Полунин В.М. Физика. Основные понятия и законы. [Текст]: учебно-методическое пособие / В.М.Полунин, Г.Т.Сычев. Курск. гос. техн. ун-т. Курск, 2002.
2. Савельев, И.В. Курс физики: Учебное пособие в 3-х тт. Т.2 Электричество и магнетизм / И.В.Савельев. – СПб: Из-во «Лань», 2007. – 352 с.
3. Федосеев В.Б. Физика: Учебник / В.Б.Федосеев. – Ростов н/Д: Феникс, 2009. – 669 с.
4. Трофимова Т.И. Курс физики: Учебное пособие. 7-е изд., стер. / Т.И.Трофимова. – М.: Высшая школа, 2003. – 542 с.
5. Детлаф А.А. Курс физики: Учебное пособие. 4-е изд., испр. / А.А.Детлаф, Б.М.Яворский. - М.: Высшая школа, 2002. – 718 с.