

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ».

Физический факультет

Кафедра общей физики

Собина Ульяна Георгиевна

КУРСОВАЯ РАБОТА

**Исследование температурной зависимости намагниченности
постоянного магнита N48SH**

Электромагнитный практикум, 2 курс, группа №20304

Научный руководитель:

к.ф.-м.н. Старостенко А. А.

Оценка научного руководителя

« _____ » _____ 20__ г.

Преподаватель практикума

к.ф.-м.н. Мураштин С. В.

Оценка преподавателя практикума

« _____ » _____ 20__ г.

Куратор практикума:

к.т.н. В.Т. Астрелин

Итоговая оценка

« _____ » _____ 20__ г.

Новосибирск 2021

Аннотация

Целью работы являлось определение исследование температурной зависимости намагниченности постоянного неодимового магнита. Для этой цели была собрана установка, позволяющая контролируемо нагревать образец, записаны значения магнитного поля для каждой температуры. Для сравнения, аналогичный эксперимент проведён с ферритовым образцом. На основании полученных данных построены графики температурной зависимости поля постоянных магнитов. Рассчитаны средние коэффициенты убывания намагниченности с ростом температуры. Произведено сравнение кривых для неодимового и ферритового образцов.

Ключевые слова: неодимовые магниты, элемент Пельтье, силовые линии магнитного поля, тепловизор, поле постоянного магнита, намагниченность, мощность теплопотерь.

Оглавление

Аннотация.....	2
Оглавление	3
Введение	4
Цель и установка	5
Эксперимент	8
Заключение	11
Благодарности	12

Введение

Первые неодимовые магниты были изготовлены в научно-исследовательских центрах Японии, США и Китая. Прежде одними из наиболее доступных считались магниты, изготовленные из соединения самария с кобальтом, тем не менее, с приближением 80-х годов, на замену им стали приходиться неодимовые магниты.

Данные магнитные изделия представляют собой соединения химических элементов, таких как Nd, Fe, В и обладают рядом преимуществ. Эти магниты, при своих небольших объемах, имеют высокие показатели остаточной намагниченности (магнитная индукция неодимовых магнитов заметно больше чем у магнитов соединения Fe-Ba(Sr), а именно ферритовых магнитов, и достигает 1,5 Тл) и устойчивости к размагничиванию (потеря магнитных свойств составляет приблизительно 7% за 20 лет), поэтому они очень широко используются в промышленности и научной деятельности.

Очевидно, что при крупных партиях магнитов, образцы, которые числятся как одинаковые, на самом деле идентичными не являются. Их основные характеристики, такие как, распределение поля, температурная зависимость коэрцитивной силы и остаточной намагниченности отличаются друг от друга.

Именно поэтому перед нами стоит цель обнаружения и устранения данных несоответствий.

Цель и установка

Целью данной работы является исследование температурной зависимости остаточной намагниченности постоянного магнита NdFeB.

В процессе выполнения работы особое внимание было уделено температурам, отличающимся от комнатной на 10 - 20°C, так как поведение вышеперечисленных характеристик именно в этом диапазоне представляет особую значимость для промышленности.

Для выполнения данного анализа должна предоставляться возможность изменять и контролировать температуру материала. Как следствие, необходимо подобрать плоский нагревательный элемент (далее ПНЭ), по форме образца или больше него. Для изменения температуры магнита ПНЭ должен обладать возможностью регулирования мощности. В представленной работе в роли ПНЭ выступал элемент Пельтье, подключённый к источнику напряжения ТЭС 21.

Принцип работы элемента Пельтье основан на контакте полупроводников с отличающимися энергетическими электронными уровнями в зоне проводимости. При прохождении электроном места их соприкосновения, он приобретает энергию, достаточную для преодоления данного энергетического барьера. Как следствие, при данном процессе место контакта охлаждается. Также и в обратном направлении: электроны отдают свою энергию, соответственно нагревая место соприкосновения полупроводниковых материалов. В ходе представленного эксперимента элемент Пельтье располагался тёплой стороной вверх: то есть нагревает непосредственно магнит.

Для того чтобы осуществлять температурный контроль, следует воспользоваться тепловизором. И, наконец, датчик Холла - для измерения собственной магнитной силы.

Схема экспериментальной установки и её фотография показаны на рис. №1 и рис. №2.

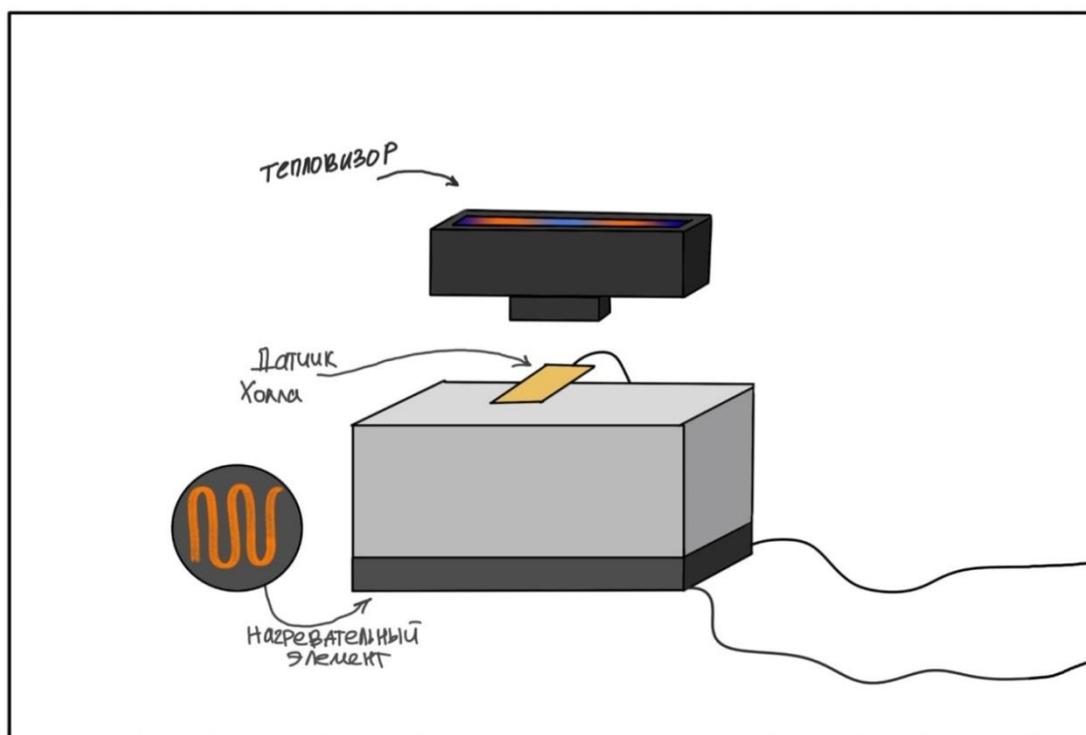


Рис. №1: схема экспериментальной установки



Рис. №2: фотография экспериментальной установки

Как нетрудно заметить, для фиксации датчика Холла в ровном положении были использованы керамические брусочки. Также, во избежание перегрева ПНЭ, он помещён на медную пластину, которая позволяет регулировать температуру более плавно. Сам элемент Пельтье подсоединен к источнику ТЕС 21.

Эксперимент

Для начала был проведен пробный эксперимент с ферритовым образцом, помещённым на элемент Пельтье. Подключённый к источнику, второй начинает нагреваться и передаёт тепло образцу. Тепловизор, направленный на нагревающийся магнит, позволяет отслеживать температуру и равномерность распределения температуры по его объёму. Очевидно, эта равномерность очень важна для повышения точности эксперимента. В противном случае, а именно, если некоторые области магнита одновременно будут находиться в разных температурных состояниях, тепловые потоки внутри магнита будут создавать неоднородность поля во времени при данной температуре на тепловизоре.

Для фиксации величины магнитного поля, излучаемого образцом, использовался датчик Холла, установленный в соответствии со следующим правилом: величина поля, излучаемого магнитом, находящимся при комнатной температуре, максимальна. Чтобы удовлетворить данное условие, зафиксированный на выбранной высоте датчик Холла, проворачивается вокруг своей оси, и в момент, когда поле на тесламетре достигает своего максимума, останавливается и остаётся в данном положении. В ходе эксперимента датчик расположился параллельно плоскости как в случае ферритового, так и неодимового магнита, что говорит о перпендикулярности силовых линий, выходящих из них. Целесообразность данного действия заключается в том, что при неправильной калибровке магнита его линии поля могут иметь совершенно разные направления.

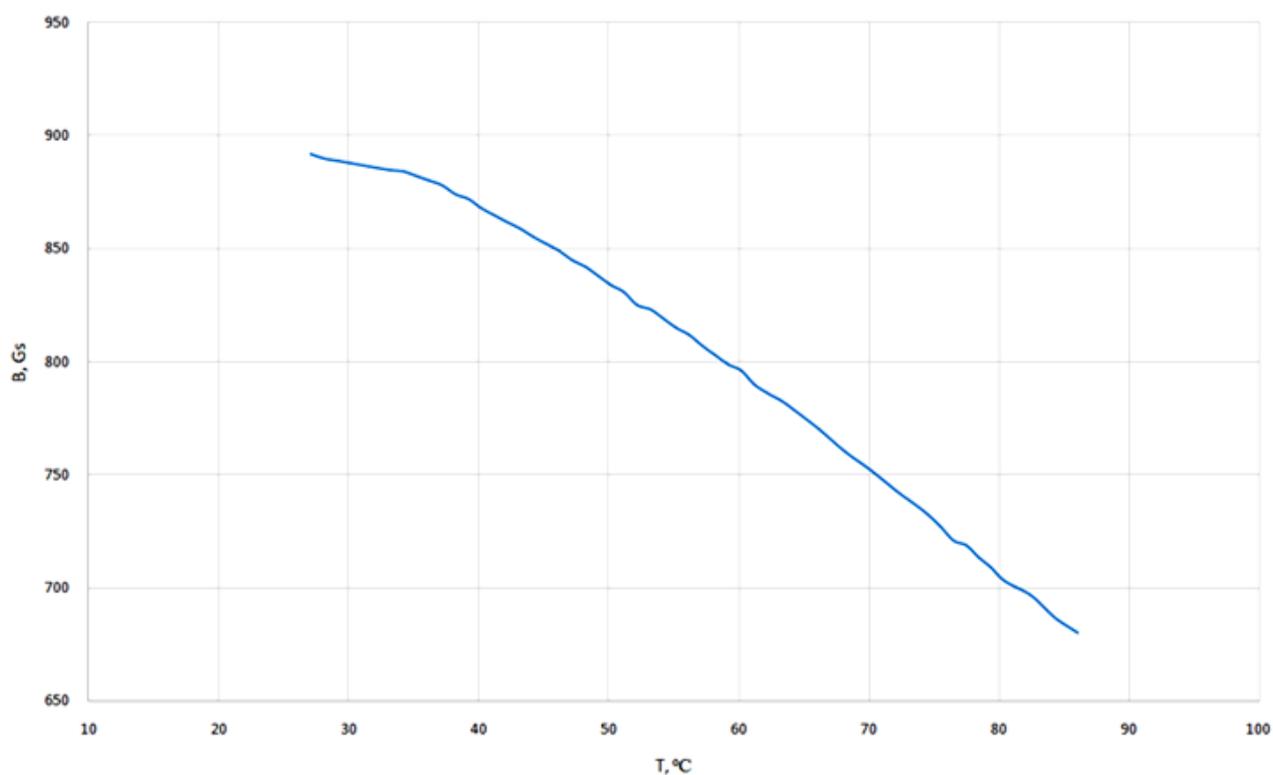
После завершения подготовительных процессов включается источник (для начала на минимальном токе) и начинается процесс нагревания. При необходимости мощность нагрева (ток источника) увеличивается. Это связано с тем, что вместе с увеличением температуры образца растёт и

мощность его теплоотдачи в окружающую среду. При фиксированном токе накала, а значит и определённой мощности, с которой нагревается элемент, наступает момент, при котором эта мощность полностью компенсируется мощностью теплопотерь. Как следствие, требуется периодическое увеличение тока источника.

Таким образом, в ходе эксперимента фиксируются данные с тепловизора (температура) и тесламетра (поле магнита).

Диапазон измерений температуры составил от 27,1°C до 86,1°C, а поля от 892 Гс до 680 Гс соответственно.

График зависимости поля постоянного ферритового магнита от температуры.

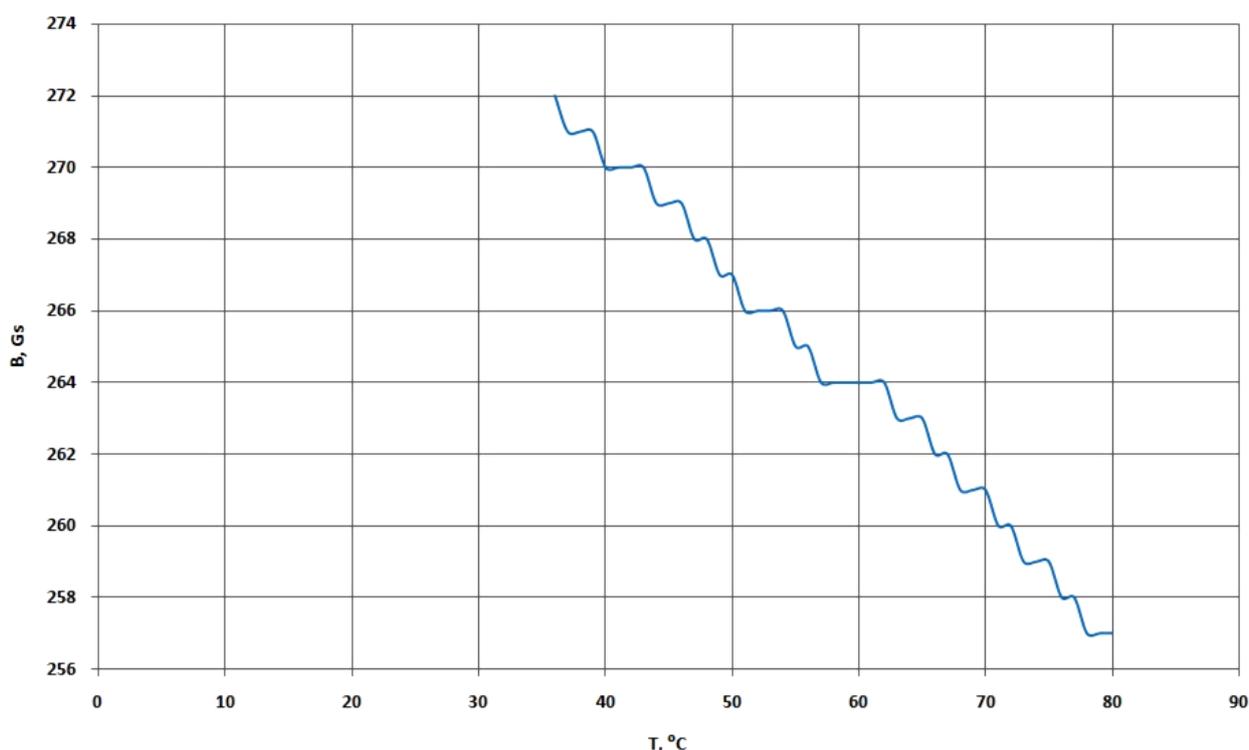


Анализируя данные измерений, нетрудно сделать вывод, что в пределах 35°C зависимость поля ферритового магнита от температуры незначительна.

Однако при превышении данной отметки поле линейно убывает с возрастанием температуры со средним коэффициентом убывания $k \approx -3,97 \frac{\text{Гс}}{\text{°C}}$.

По завершении эксперимента с ферритовым образцом исследуемый объект заменялся неодимовым магнитом и алгоритм повторялся. В этом случае диапазон измерений температуры составил от $35,6\text{°C}$ до $80,0\text{°C}$, а поля от 272 Гс до 257 Гс соответственно.

График зависимости поля постоянного неодимового магнита от температуры.



Изучая представленный график, несложно заметить: точности прибора было недостаточно, чтобы получить зависимость с непрерывной производной (скоростью изменения магнитного поля в зависимости от температуры). Однако также прослеживается равномерность спада намагниченности и средний коэффициент убывания, за весь период эксперимента:

$$k \approx -0,33 \frac{\text{Гс}}{\text{°C}}$$

Заключение

По завершении эксперимента были получены данные зависимости убывания намагниченности неодимового и ферритового магнитов в зависимости от температуры образцов. Анализируя поведение представленных кривых, были также рассчитаны средние коэффициенты убывания: $k \approx -0,33 \frac{\Gamma_c}{^\circ\text{C}}$ для неодимового и $k \approx -3,97 \frac{\Gamma_c}{^\circ\text{C}}$ для ферритового образцов. Иными словами при повышении температуры на 1 градус Цельсия неодимовый образец теряет 0,1% от своего начального поля, в то время как ферритовый 0,5%.

Сравнивая полученные зависимости, легко сделать вывод, что неодимовый магнит обладает несколько большей температурной устойчивостью, нежели образец из феррита. Отсюда нетрудно заключить, что неодимовые образцы имеют преимущество в использовании при нестабильных температурах.

Благодарности

Автор выражает благодарности:

1. Александру Анатольевичу Старостенко за курирование и помощь в теоретической части в процессе выполнения работы;
2. Рябченко Ксении Константиновне за советы и комментарии по содержанию и оформлению;
3. Бердюгиной Александре Владимировне за помощь при проведении практической части и создание продуктивной атмосферы;
4. Алексею Пахомову за помощь в сборке экспериментальной установки и за оперативность в решении сложностей, возникающих по ходу работы;
5. Сенькову Дмитрию Валентиновичу за рабочие идеи по улучшению экспериментальной установки.