

Измерение температуры Кюри для ферромагнетика.

Никита Москвитин, Б04-204

2023

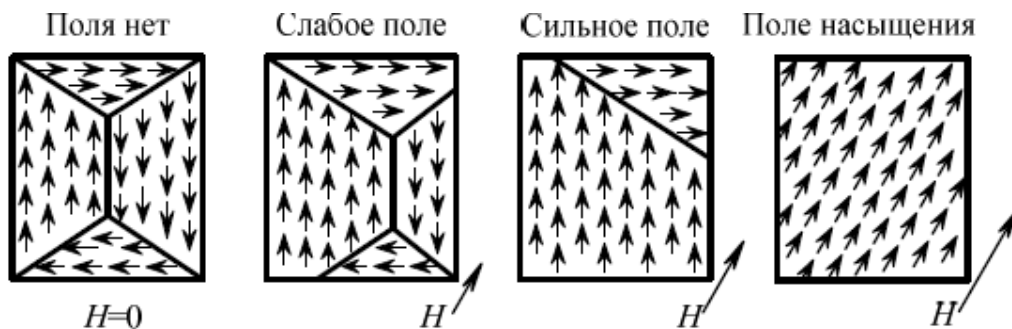


Рис. 1: Структура ферромагнеттика при разных полях

1 Аннотация

Температура Кюри - температура при которой Ферромагнетик превращается в парамагнетик. Это классическое определение из любого учебника. Хотелось бы понять ее физический смысл. Почему так происходит? Чем определяется эта температура? И как ее найти для тех или иных материалов? Это и исследовалось в данной работе.

2 Введение

Для начала рассмотрим структуру ферромагнетика, она изображена на Рис. 1. А так же явление гистерезиса для ферромагнетика, петли гистерезиса изображены на Рис.2. Если говорить о физике явления ферромагнетизма, то изначально у нас в ферромагнетике есть домены, где магнитные моменты направлены вдоль одной оси. При этом магнитные домены компенсируют друг друга, так что поля суммарно не создается. Сами домены удерживаются за счет неких квантовых сил. Если поместить ферромагнетик во внешнее магнитное поле, то домены начнут поворачиваться вдоль него, так чтобы направление магнитных моментов в них совпадало с направлением внешнего поля. Но при уменьшении поля обратно до нуля, остается остаточная намагниченность в материале, за счет чего ферромагнетик становится сам источником поля. По этому принципу и работают постоянные магниты. Но при температуре Кюри и выше все ломается, но почему? С ростом температуры растет тепловая энергия молекул вещества, а значит в какой-то момент тепловая энергия становится больше энергии удерживающей квантовой силы, и вся упорядоченная намагниченность почти сразу пропадает, превращая материал в парамагнетик. Но раз корнем проблемы являются тепловые флуктуации, то почему бы нам не проверить это самостоятельно.

3 Эксперимент

Для того, чтобы проверить исчезновение ферромагнитных свойств, можно взять постоянный магнит и нагреть его, пока он не потеряет свои свойства. Но как это все затестировать? Я предлагаю такую установку, изображенную на Рис.3. На обычной свечке мы нагреваем край стального проводника, на другом краю мы закрепляем термометр и плотно прижимаем ее к магниту, который держится благодаря своим магнитным свойствам. Это нужно для лучшей фиксации температуры, если магнит просто засунуть в огонь, то он быстро нагреется в силу небольшой теплоемкости и мы не сможем точно зафиксировать температуру. Поэтому благодаря теплопроводу мы можем замедлить этот процесс, так как установление температуры на другом краю происходит медленнее за счет активных тепловых потерь. При достижении температуры Кюри, магнит перестанет быть ферромагнети-

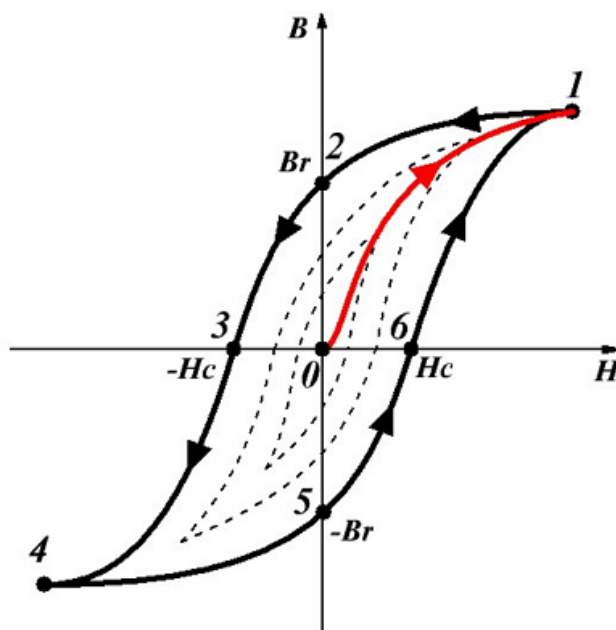


Рис. 2: Петля Гестрезиса

ком и не сможет держаться на проводнике, а значит просто упадет с него. Температура на мультиметре в этот момент и будет температурой Кюри. Мы попробуем оценить температуру Кюри для неодимового магнита, так как этот тип магнитов наиболее распространен в быту.

4 Измерения

Проведем измерения, согласно выше описанному методу, полученные значения приведены в Таблице 1. Тогда получаем, что температура Кюри $T_K = (217 \pm 13) ^\circ\text{C}$.

Таблица 1: Таблица измерений

$T_K, ^\circ\text{C}$	208	203	219	228	214	229
-----------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

5 Вывод

Мы получили температуру Кюри для неодимового магнита $T_K = (217 \pm 13) ^\circ\text{C}$. Что достаточно близко к табличному значению $T_{table} = 250 ^\circ\text{C}$. Это легко объяснить, так как мы получаем температуру, при которой большинство доменов становятся хаотично направленными. Поэтому не хватает намагниченности, чтобы удерживать свой вес, очевидно, это не значит что магнит полностью потеряет свои магнитные свойства. Поэтому мы и получаем занижение температур Кюри. Это достаточно хороший результат с учетом методики эксперимента. Так же в ходе работы, было замечено интересное свойство! Некоторые магниты слишком долго нагревались и не доходя до температуры Кюри скатывались. Это объясняется тем, что уже при температурах близких к температуре Кюри тепловое движение достаточно велико. Оно не позволяет полностью довести магнит до прамагнитного состояния, но при этом понижает остаточную индукцию магнитного поля. Мы переходим на более маленький гестрезис.



Рис. 3: Фотография установки