

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

Физический факультет
Кафедра общей физики

Курдюков Егор Сергеевич

КУРСОВАЯ РАБОТА

**Влияние размера образца на точность измерения магнитной
проницаемости в лабораторной работе 4.4**

Электромагнитный практикум, 2 курс, группа №19312

Научный руководитель:

А. С. Матвеев

Оценка научного руководителя

«_____» _____ 20__ г.

Преподаватель практикума

И. А. Иванов

Оценка преподавателя практикума

«_____» _____ 20__ г.

Куратор практикума:

к.т.н. В.Т. Астрелин

Итоговая оценка

«_____» _____ 20__ г.

Новосибирск 2020

Аннотация

Целью данной работы является изучение влияния размера образца на точность измерения магнитной проницаемости. В ходе данной работы была получена петля гистерезиса для трех стержней разной длины и оценено изменение погрешности с изменением геометрических размеров. По окончании работы сделан вывод, что для более точных измерений необходимо использовать стержень большей длины.

Ключевые слова: Перемагничивание, ферромагнетики, петля гистерезиса.

Работа выполнена в Межфакультетской лаборатории электричества и магнетизма Кафедры общей физики Физического факультета НГУ.

Оглавление

1. Введение.....	4
2. Описание эксперимента.....	4
2.1 Петля гистерезиса.....	4
2.2 Описание установки.....	5
2.3 Методика измерений.....	6
3. Анализ результатов измерений.....	7
3.1 Результаты измерений.....	7
3.2 Сравнение погрешностей для стержней разной длины	9
3.3 Ошибка теории.....	9
4. Выводы.....	9
Список литературы:.....	9

1. Введение

Для проведения эксперимента по определению свойств магнитоупорядоченных веществ необходимо иметь образец в виде тора с намотанными на него двумя катушками (рис.0). Через одну катушку пропускается ток I , который создает намагничивающее поле H , определяемое уравнением

$$\oint_C \mathbf{H} d\mathbf{l} = I \quad (\text{СИ}), \quad \oint_C \mathbf{H} d\mathbf{l} = \frac{4\pi}{c} I \quad (\text{СГС}).$$

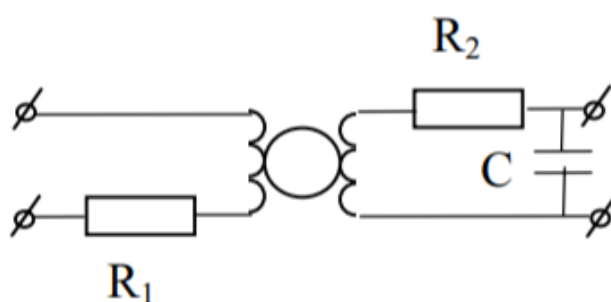


Рис. 0. Схема для изучения свойств магнетиков

2. Описание эксперимента

2.1 Петля гистерезиса

Уменьшение магнитного поля, намагнитившего ферровещество до технического насыщения, приводит к уменьшению намагниченности, но на меньшую величину по сравнению с первоначальной кривой намагничивания, т. е. кривая не пойдет по тому же пути (рис. 1). Эта необратимость процесса перемагничивания называется гистерезисом.

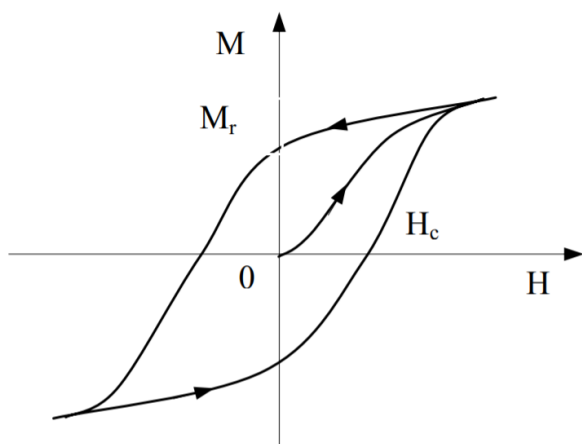


Рис. 1. Начальная кривая намагничивания и петля гистерезиса:
 H_c – коэрцитивное поле,
 M_r – остаточная намагниченность

При достижении магнитным полем нулевого значения намагниченность образца не обращается в нуль, а принимает некоторое значение, называемое остаточной намагниченностью M_r .

Остаточная намагниченность будет существовать бесконечно долго, если вещество не подвергать действию сильных магнитных полей. Информация, записанная на магнитных пленках от музыки до вычислительных программ, сохраняется благодаря этому физическому явлению. Для полного размагничивания образца необходимо приложить достаточно большое магнитное поле, называемое коэрцитивным H_c , направленное противоположно полю намагничивания. При циклическом перемагничивании кривая намагничивания образует симметричную гистерезисную петлю, которая характеризует потери энергии на перемагничивание.

2.2 Описание установки

Регистрация петли гистерезиса ферромагнетика производится на установке, схема которой приведена на рис.2:

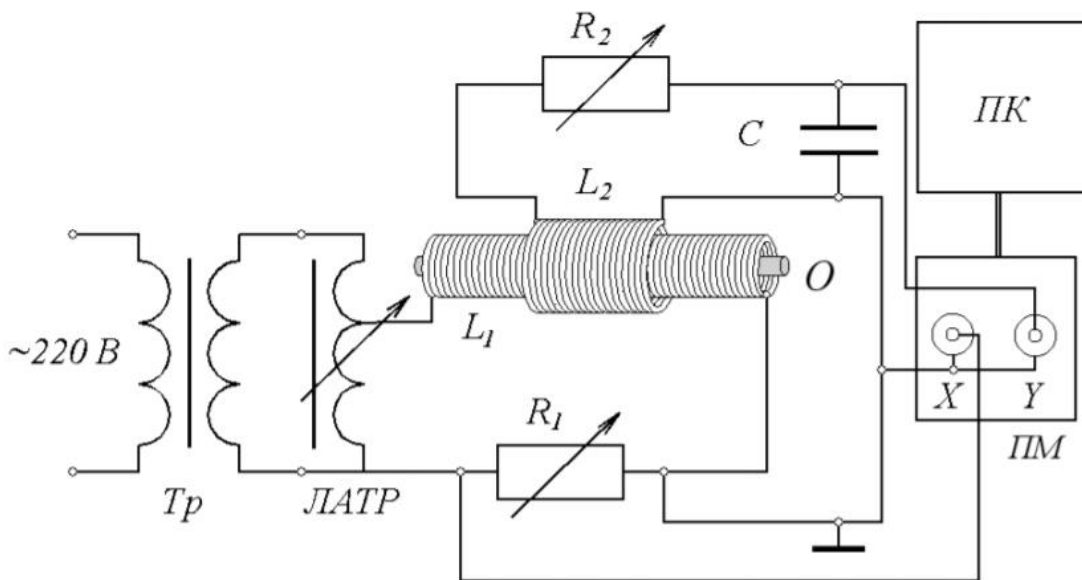


Рис. 2. Схема установки для наблюдения петли гистерезиса:
T_p – трансформатор; *ЛАТР* – лабораторный автотрансформатор; *L₁* –
 намагничивающая катушка; *L₂* – измерительная катушка; *O* – исследуе-
 мый образец; *R₁* – измерительное сопротивление; *R₂* и *C* – сопротивле-
 ние и конденсатор интегрирующей цепочки; *ПМ* – переходной модуль вир-
 туального осциллографа, *ПК* – персональный компьютер.

2.3 Методика измерений

Для магнитоупорядоченных веществ зависимость $\chi(T)$ имеет несколько иной вид. С повышением температуры магнитный порядок как ферромагнетиков, так и антиферромагнетиков разрушается и вещество становится парамагнитным. В области высоких температур (в парамагнитной фазе) при $T > T_c$ для ферромагнетиков и антиферромагнетиков имеет место закон Кюри – Вейсса

$$\chi = \frac{C}{T - T_c}.$$

В образце тороидальной формы, с радиусом поперечного сечения существенно меньшим радиуса тора (в замкнутой магнитной цепи) и с намагничивающей катушкой намотанной равномерно по всей длине, создается достаточно однородное магнитное поле. Измерив

индуктивное напряжение в другой катушке, можно определить поле В внутри образца.

$$U_c = -\frac{N_2 S}{R_2 C} B = -\frac{N_2 S}{\tau} B ,$$

($\tau = R_2 C$ называется постоянной времени интегрирующей цепочки).

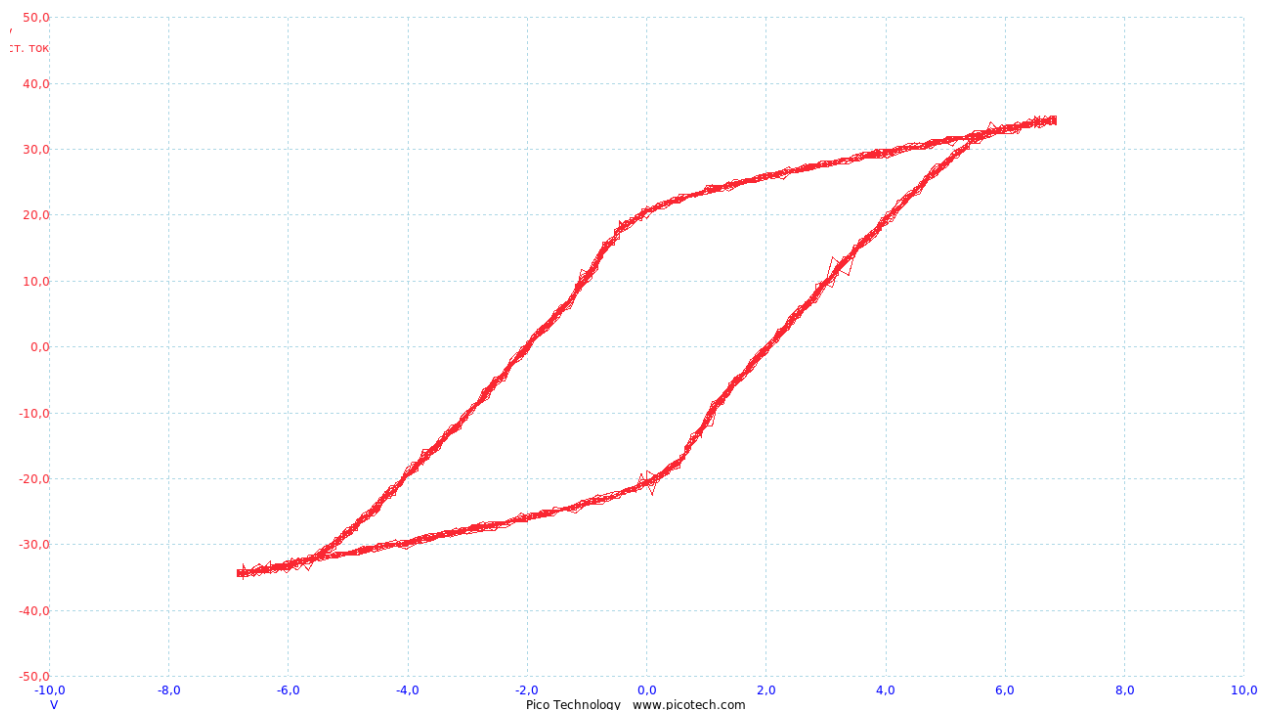
3. Анализ результатов измерений

3.1 Результаты измерений

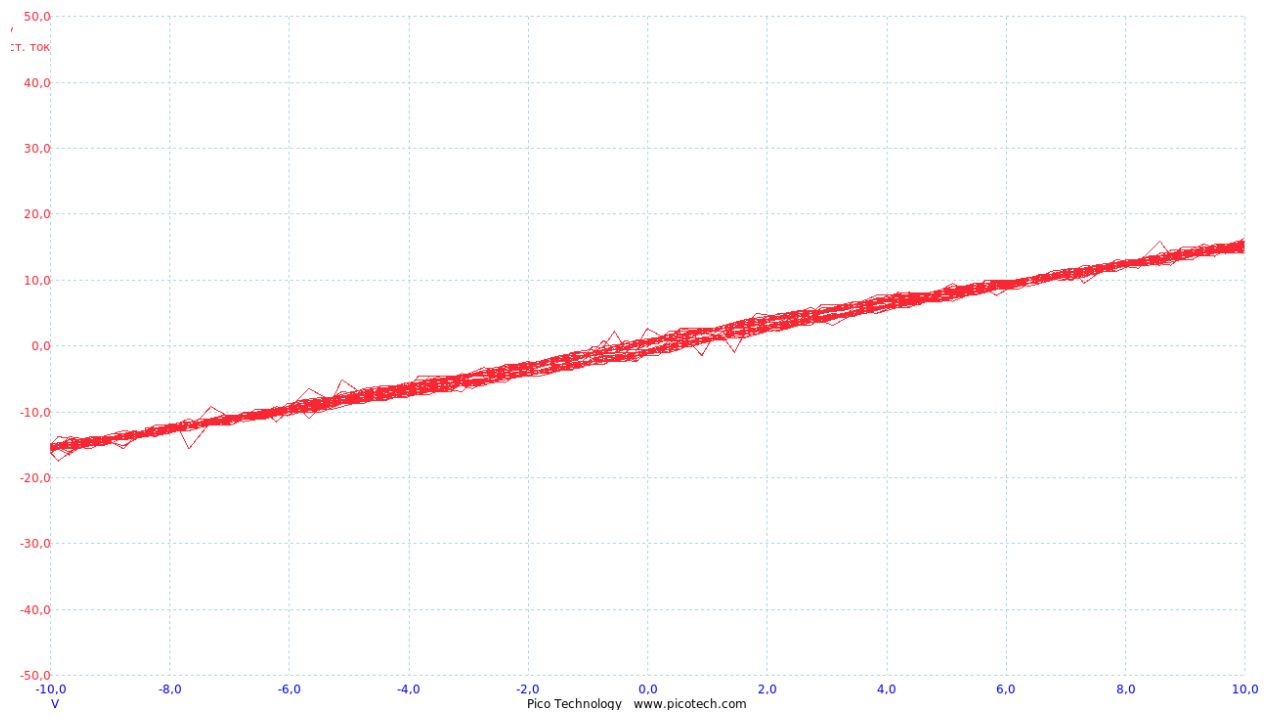
Измерения обрабатывались приложением Picoscope. Производилась постройка графиков по полученным данным, занесенным в таблицу

При проведении работы были получены следующие изображения петли гистерезиса для стержней разной длины:

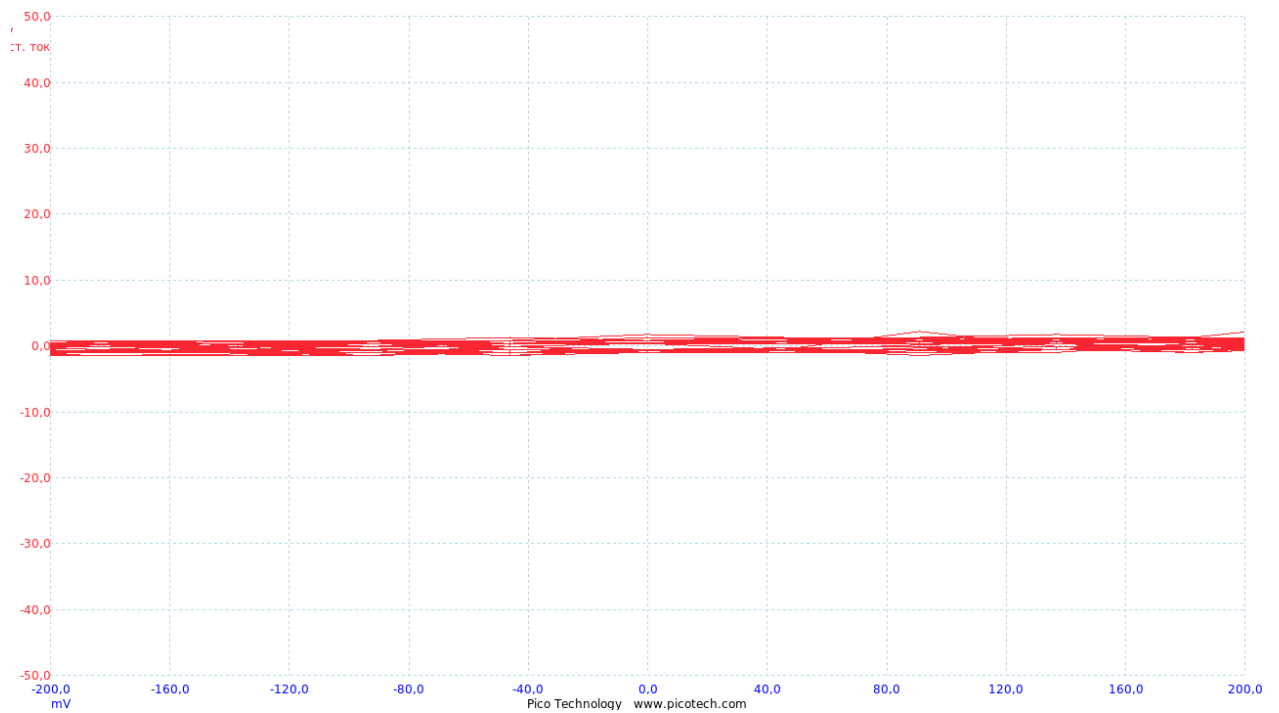
1) Стержень длины сопоставимой с длиной соленоида



2) Длина стержня меньше длины соленоида примерно в 2 раза



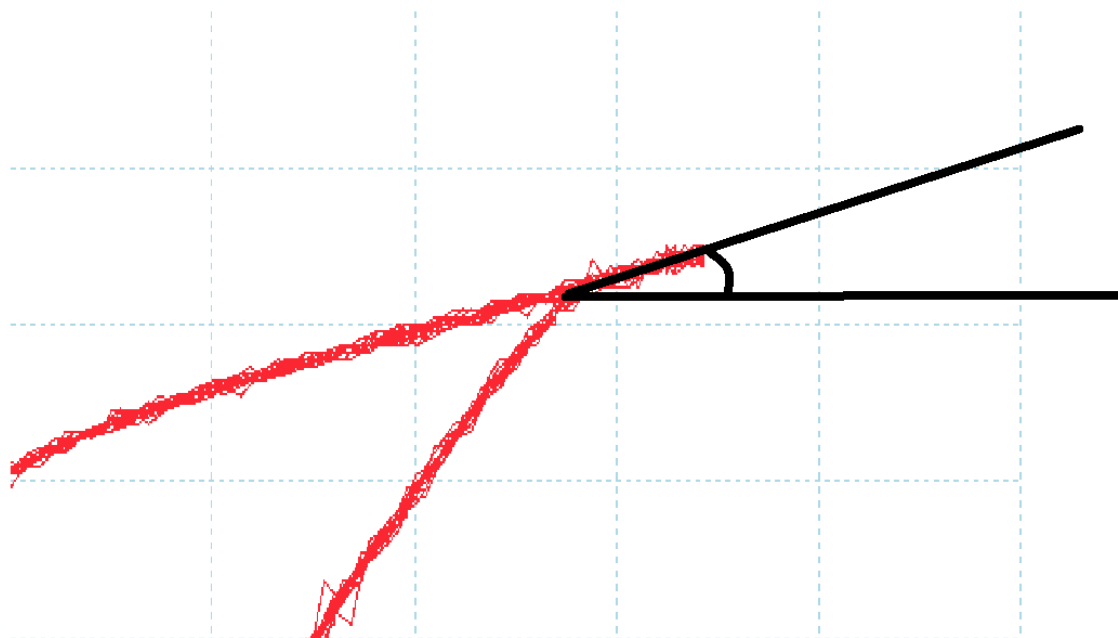
3) Длина стержня на порядок меньше длины соленоида



3.2 Сравнение погрешностей для стержней разной длины

По полученным данным очевидно, что при длине стержня сопоставимой с длиной соленоида погрешность мала (порядка 3-5%). А в случаях, когда длина стержня меньше в 3-4 раза и на порядок погрешность занимает всю площадь петли гистерезиса, что делает невозможным получения какого-либо удовлетворительного результата. Возможно, такой эффект возникает из-за большого зазора, остающегося в установке.

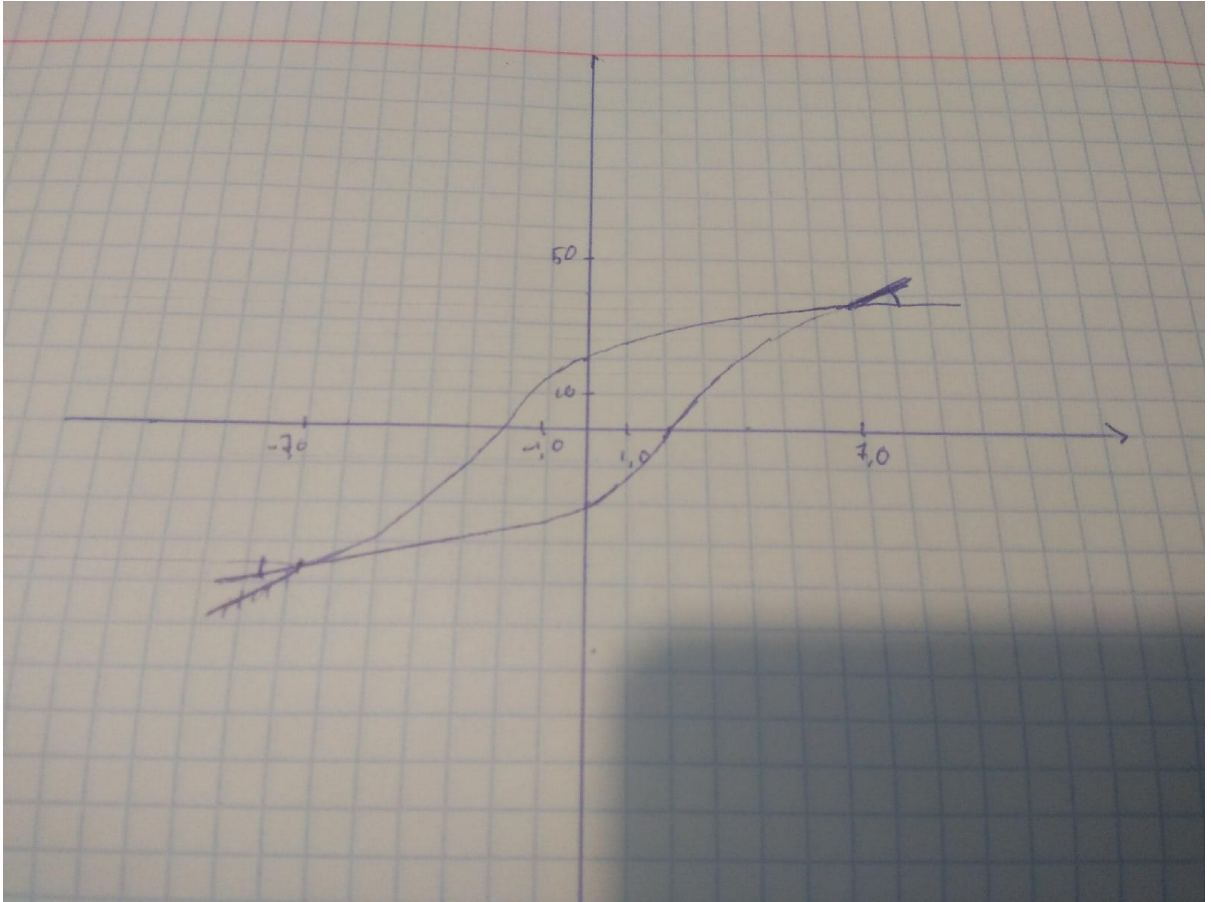
3.3 Ошибка теории



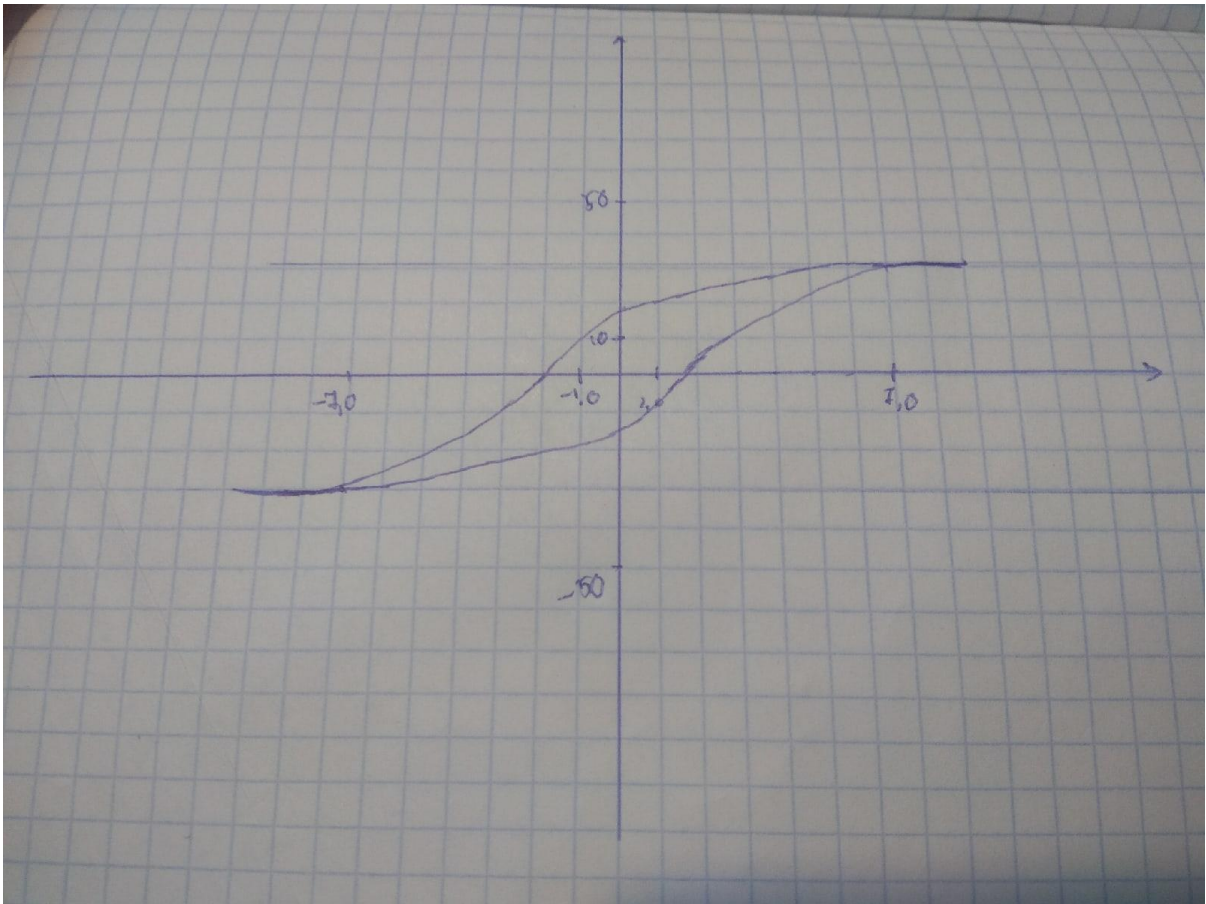
На полученных данных была обнаружена систематическая ошибка, так как мы брали по закону Фарадея

$$\varepsilon = -N_2 S \left(\frac{dB}{dt} \right),$$

Не учитывая влияние внешнего поля, говоря, что оно незначимо, так как B внешнее много меньше B на ферромагните. Но это неверно так как, при много меньшем B у нас много большее S (для внешнего поля), получается избавляться от него является ошибкой. Сделаем учет и перестроим график.



→



4. Вывод

В ходе выполнения работы я ознакомился с методом изучения процессов намагничивания и перемагничивания ферромагнетиков. Проведена работа по получению петель гистерезиса для стержней разной длины. Сделано заключение, что в данной работе лучше использовать стержень с длиной сопоставимой с длиной соленоида. Предположение: Происходящие физические процессы в микроскопическом представлении связывают с возникновением в материале под воздействием магнитного поля магнитных моментов микротоков, объёмная плотность которых называется вектором намагниченности. В стержне большей длины больше областей самопроизвольной спонтанной однонаправленной намагниченности (домены). Также было обнаружено, что нельзя не учитывать внешнее поле, действующее на всей площади соленоида.

5. Список литературы

Вонсовский С. В., Магнетизм, М., 1971.

<https://elmag.nsu.ru/doku.php?id=lab4:lab4>