

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

Физический факультет

Кафедра общей физики

Машковцева Анастасия Алексеевна

КУРСОВАЯ РАБОТА

**Сравнительная характеристика магнитов в лабораторных работах 4.2
практикума**

Электромагнитный практикум, 2 курс, группа №20302

Научный руководитель:

к.т.н. Виталий Тимофеевич Астрелин

Оценка научного руководителя

« _____ » _____ 20__ г.

Преподаватель практикума

Аспирант ИЯФ СО РАН, Инжеваткина

А.А

Оценка преподавателя практикума

« _____ » _____ 20__ г.

Куратор практикума:

к.т.н. Виталий Тимофеевич Астрелин

Итоговая оценка

« _____ » _____ 20__ г.

Новосибирск 2021

Аннотация

Целью работы являлись калибровка магнитов, нахождение зависимости магнитной индукции от тока через катушки, определение погрешности. Для этой цели использовался миллитесламетр ТПУ-5. Устройство было помещено в магнитное поле, создаваемое электромагнитом. Были найдены значения величины магнитного поля при разных значениях тока и их погрешность.

Ключевые слова: гистерезис, эффект Холла.

Оглавление

Введение	3
Установка	6
Результаты	7
Список литературы	11

1. Введение

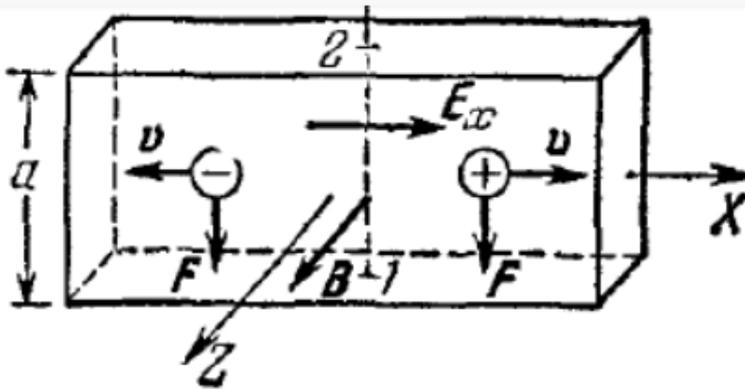


Рис. 1. Однородный полупроводник в форме параллелепипеда

Рассмотрим длинную и тонкую металлическую ленту, по которой протекает постоянный ток, направление которого совпадает с осью x , с плотностью j (Рис.1). Приложим постоянное однородное магнитное поле B , перпендикулярно к плоскости ленты, вдоль оси Z . заряженные частицы двигаются вправо вместе с током и отклоняются вниз из-за силы Лоренца. Внизу скапливаются положительные заряды, вверху отрицательные, (в случае, если бы носителями потенциала являлись положительно заряженные частицы) в результате чего возникает электрическое поле E_y , которое препятствует отклонению из-за магнитного поля. Затем течение зарядов поперек ленты прекращается и устанавливается положительная разность потенциалов $V_1 - V_2$ (между противоположными точками 1 и 2). Если бы носителями тока являлись отрицательно заряженные частицы, то ситуация была бы аналогичная. Явление возникновения поперечной разности потенциалов при воздействии магнитного поля называется эффектом Холла. Поле Холла:

$$E_H = -\frac{j_x B}{en}$$

На практике обычно измеряется не напряженность электрического поля, а соответствующая разность, которая называется ЭДС Холла:

$$U_H = E_H d = -\frac{j_x B d}{en}$$

Если выразить полный ток через плотность тока, $I = j_x dh$, то

$$U_H = -\frac{IB}{enh} = \frac{R_H IB}{h}$$

Где $R_H = -(en)^{-1}$ – постоянная Холла.

Магнитное упорядочение

Сильномагнитные вещества отличаются от слабомагнитных степенью упорядоченности магнитных моментов.

Ферромагнитная упорядоченность характеризуется параллельным расположением магнитных моментов.

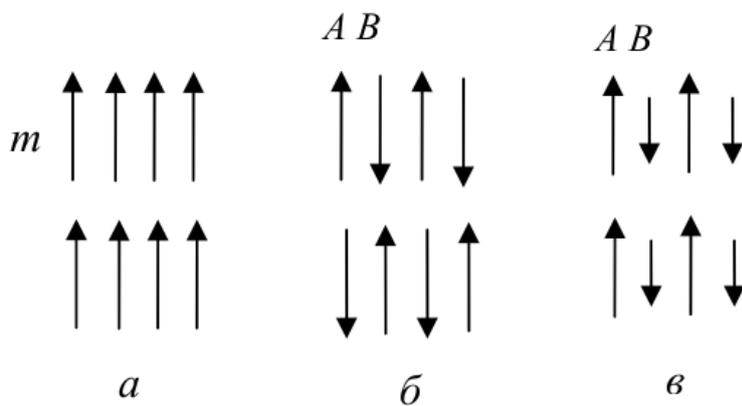
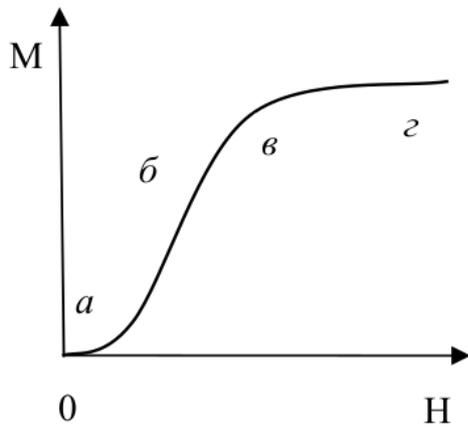


Рис. 5. Типы магнитного упорядочения: *a* – ферромагнитное; *б* – антиферромагнитное; *в* – ферримагнитное

Механизм намагничивания

Внесение ферромагнетика в магнитное поле приводит к увеличению средней намагниченности. При внесении ферромагнетика, находящегося в размагниченном состоянии ($M=0$), в магнитное поле и плавном его увеличении, получаем начальную кривую намагничивания.



Исходное состояние ($H=0$, $M=0$) соответствует размагниченному состоянию тела, когда все домены ориентированы равномерно во всех направлениях.

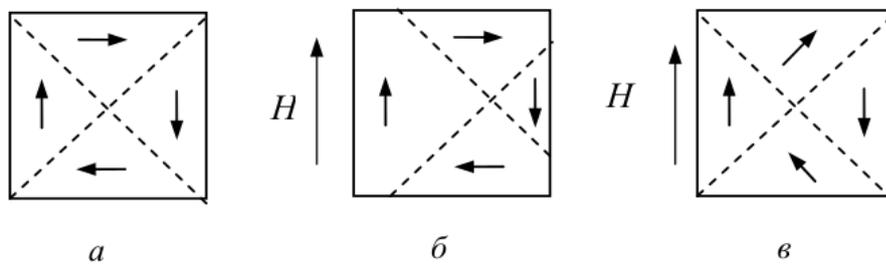


Рис. 8. Схема, иллюстрирующая основные процессы намагничивания: *a* – ненамагниченное состояние; *б* – процесс смещения границ; *в* – процесс вращения

Плавное увеличение магнитного поля приводит к упругому смещению границ доменов таким образом, что размеры доменов, магнитные моменты которых близки к направлению магнитного поля, увеличиваются за счет доменов с противоположным направлением магнитных моментов.

Процесс смещения границ в слабых полях на участке *oa* — обратимый.

На участке *аб* движение границ в основном необратимо. Намагниченность изменяется скачкообразно (эффект Баркгаузена).

В сильных полях движение границ останавливается и магнитные моменты поворачиваются по направлению вектора магнитного поля. На участке *бв* процесс намагничивания протекает медленно. Техническое насыщение

происходит, когда в результате вращения вектор спонтанной намагниченности максимально приближается к вектору H .

При дальнейшем увеличении магнитного поля намагниченность вещества будет слабо изменяться, возрастая почти линейно. Этот участок кривой намагничивания (BH) носит название истинного насыщения.

При уменьшении магнитного поля кривая намагниченности не пойдет по тому же пути. Эта необратимость процесса перемагничивания называется гистерезисом. Если уменьшить магнитное поле до нуля, то намагниченность образца примет некоторое значение, называемое остаточной намагниченностью M_r , которая может существовать бесконечно долго. Это обусловлено несколькими процессами:

1. Необратимое движение доменной границы.
1. Необратимое вращение магнитных моментов доменов.
2. Задержка образования в образце центров перемагничивания.

Потери энергии за один цикл перемагничивания в единице объема $Q=1/4\pi\oint HdM$ эрг/см³

где $\oint HdM$ — произведение площади петли на масштабы M и H . Средняя за период мощность потерь в образце W равна: $W=QVf$, где V — объем образца; f — частота изменения магнитного поля.

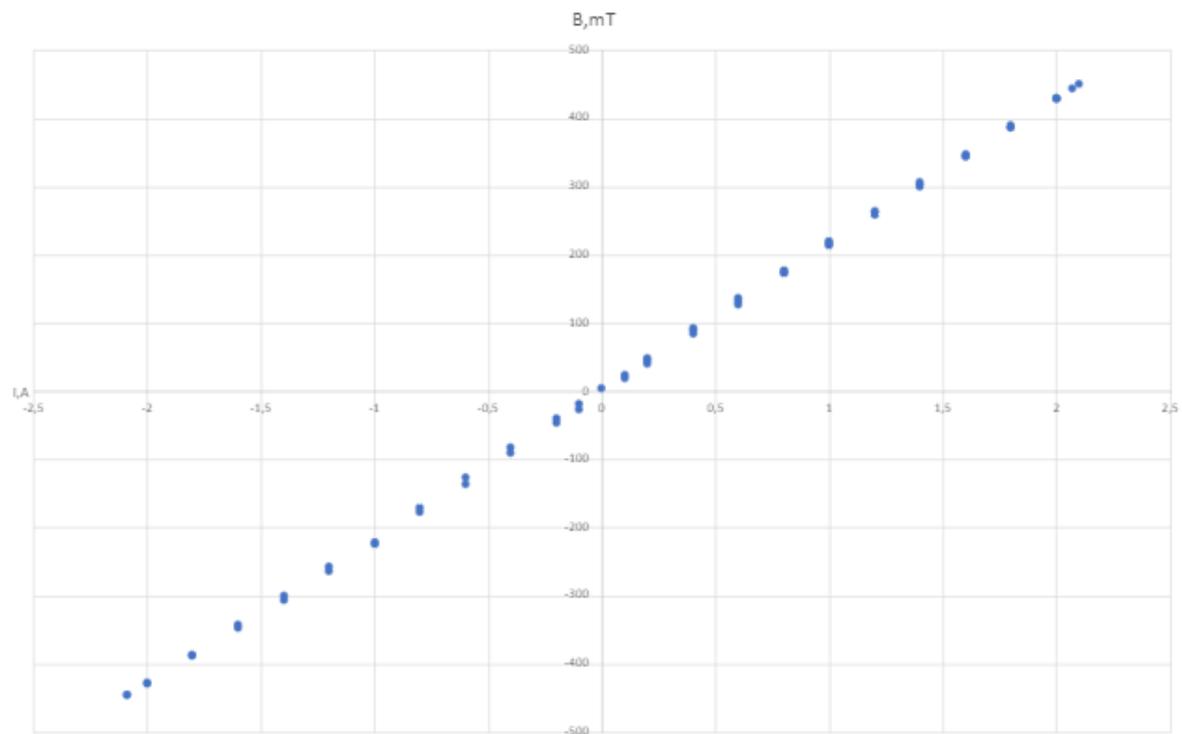
2. Установка

В схеме используется источник питания Актаком-АТН-х3хх при помощи которого запитывается электромагнит. Миллитесламетр ТПУ-5 помещается в постоянное магнитное поле, создаваемое электромагнитом. Регистрируются значения величины магнитного поле при разных значениях тока в двух установках 4.2.



3. Основные результаты

В ходе выполнения работы были получены графики зависимости.



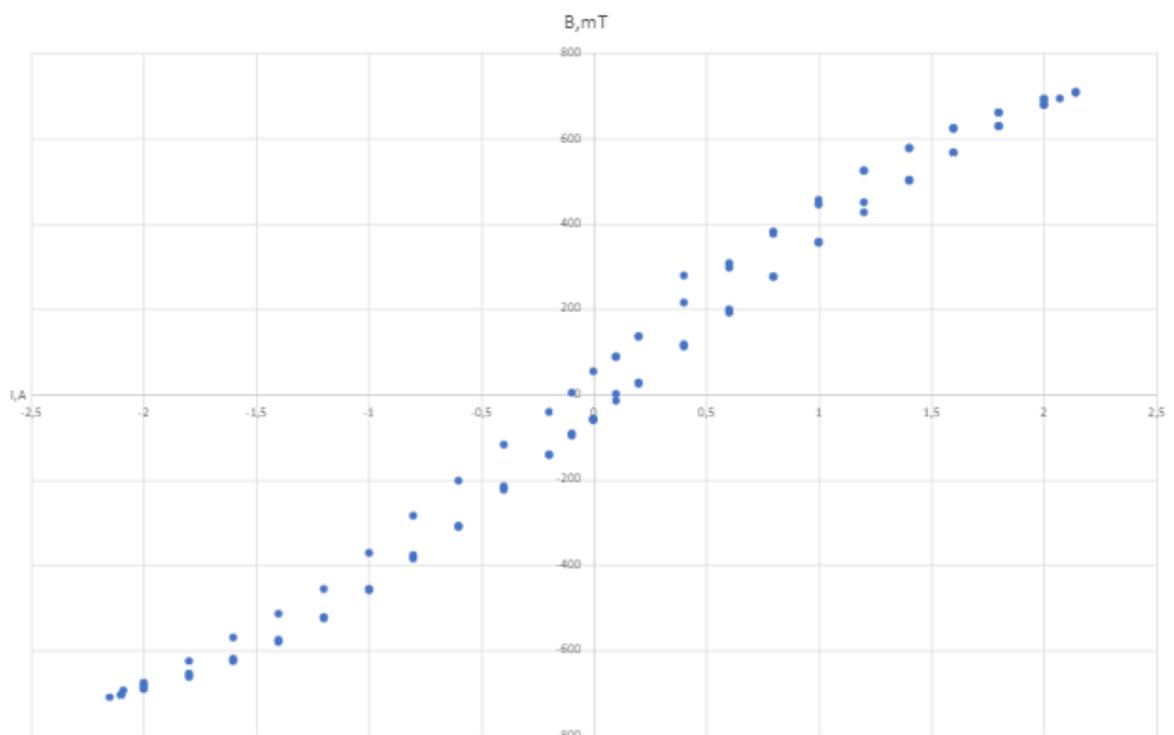


Таблица 1. Калибровка электромагнита

I, A	B, Тл
0,5	0,118
1,0	0,235-
1,5	0,347
2,0	0,461
2,5	0,580
3,0	0,690
3,5	0,880

Значения, полученные на первой установке, соответствуют значениям из таблицы калибровки электромагнита. Зависимость $B(I)$ линейна. Из графика, полученного для второй установки, видно, что зависимость $B(I)$ не линейна, процесс намагничивания необратим, появляется петля гистерезиса.

Погрешность рассчитывается по формуле:

$\delta = \pm(2,0 + 0,1(B_n/B_{и} - 1))$, где B_n - предел измерения миллитесламетра, $B_{и}$ - показание миллитесламетра.

I,A	B,mT	δ	I,A	B,mT	δ
0,2	45	6,344444	-2,09	-693	1,6114
0,4	89	4,147191	-2	-683	1,607174
0,6	132	3,415152	-1,8	-654	1,59419
0,8	174	3,049425	-1,6	-620	1,577419
1	217	2,821659	-1,4	-574	1,551568
1,2	260	2,669231	-1,2	-521	1,516123
1,4	302	2,562252	-1	-456	1,461404
1,6	344	2,481395	-0,8	-385	1,380519
1,8	387	2,416796	-0,6	-307	1,248534
2	429	2,3662	-0,4	-216	0,974074
2,1	451	2,343459	-0,2	-141	0,48156
2	430	2,365116	-0,1	-92	-0,27391
1,8	391	2,411509	0	-60	-1,43333
1,6	348	2,474713	0	-59	-1,48983
1,4	307	2,551466	0,1	3	68,56667
1,2	264	2,657576	0,2	26	9,592308
1	221	2,804977	0,4	118	3,594915

При выполнении лабораторной работы 4.2 необходимо учитывать факт существования гистерезиса, а значит нужно обратить особое внимание тому, как изменяется ток. Его необходимо уменьшать или увеличивать равномерно.

5. Список литературы

1. Сивухин Д. В. Общий курс физики, том №3 // Электричество
2. Князев Б.А. Лабораторный практикум "Электричество и магнетизм " // Выпуск Электрические и магнитные свойства твердых тел. / Новосибирск: КОФ НГУ, 2008.