

Аннотация

Целью работы являлось определение направления магнитного поля на поверхности постоянного магнита. Для достижения этой цели была собрана установка, содержащая тесламетр, угломер, магнит, а также все необходимые фиксирующие элементы; были записаны угловые зависимости показаний тесламетра от показаний угломера и построены по ним графики. Результат хорошо согласуется с теоретическими выкладками. У выбранного образца направление магнитного поля отклонено от нормального незначительно: на 3 градуса..

Ключевые слова: постоянные магниты, тесламетр, направление магнитного поля.

Оглавление

Аннотация1

Оглавление2

Введение3

Теоретическая часть4

Методика измерений6

Результаты эксперимента8

Вывод11

Благодарности12

Список литературы13

Введение

История изучения магнитов началась еще в тринадцатом веке и продолжается по сей день. Различают три вида магнитов: постоянные, временные и электромагниты. Вторые и третьи остаются таковыми только при соблюдении определенных условий: наличия внешнего магнитного поля, в случае временных, а для электромагнитов - текущего по виткам тока. В данной курсовой работе пойдет речь именно о магнитах первого типа - постоянных. Будучи однажды намагниченными, эти элементы сохраняют остаточную намагниченность.

Современные постоянные магниты разделяют на 4 класса, одним из которых является неодим-железо-бор (NdFeB), как раз используемый в эксперименте.

Одним из преимуществ этого материала является более низкая цена, по сравнению с самарий кобальтом (SmCo). Помимо этого, NdFeB обладают более высокими параметрами, такими как: остаточная индукция, коэрцитивная сила по намагниченности, максимальное энергетическое произведение, а также температура Кюри (таблица 1). Также существуют сплавы с рабочей температурой 200°C.

Таблица 1. Сравнительная таблица основных характеристик сплавов для постоянных магнитов

Материал	$(BH)_{max} / \text{МГс} \cdot \text{Э}$	$B_r, \text{ Гс}$	$H_{cr}, \text{ Э}$	Цена, \$ за 1 кг на Российском рынке	Цена, \$ на единицу $(BH)_{max}$
Гибкие магнитные материалы	1.6	1725	1325	5-10	3.1- 6.2
Керамика	3	4000	2400	1-2.5	0.3-0.85
Альнико	9	13500	1400	44.1	4.3
Sm-Co	20	10500	9200	250 -500	12.5
Спеченные Nd-Fe-B	50	14200	12500	70-150	1.4-3.7

Однако и у этого сплава имеются минусы: одним из серьезных является низкая коррозионная стойкость, которую можно устранить

нанесением на поверхность тонкого защитного слоя меди, цинка, никеля или хрома.

На данный момент область, где применяются неодимовые магниты довольно широка: от детских игрушек и рекламных объявлений до ускорителей частиц высоких энергий и лазеров на свободных электронах, необходимых при физических исследованиях и в промышленности.

Не смотря на все плюсы неодимовых магнитов, одинаковые образцы обладают некоторым разбросом параметров, таких как, например, температурная зависимость, направление поля. Поэтому разработка методик измерения этих параметров, а также устранения обнаруженных отличий, не теряет актуальности.

Перейдем непосредственно к теме нашей работы, основная цель которой заключается в измерении направления магнитного поля постоянного магнита. Для этого нам понадобится датчик Холла, закрепленный в конкретной точке относительно магнита, посредством вращения которого можно будет узнать, при каком повороте напряжение на датчике максимально и отсюда – куда направлено поле.

Одна из основных проблем, возникающих при такой постановке задачи: как зафиксировать положение датчика с хорошей точностью. Также необходимо понять, какая методика измерения угла вхождения магнитного поля в поверхность магнита будет наиболее эффективна.

Теоретическая часть

Для более хорошего понимания методики измерений необходимо углубиться в теорию. Весь эксперимент строится на работе датчика Холла.

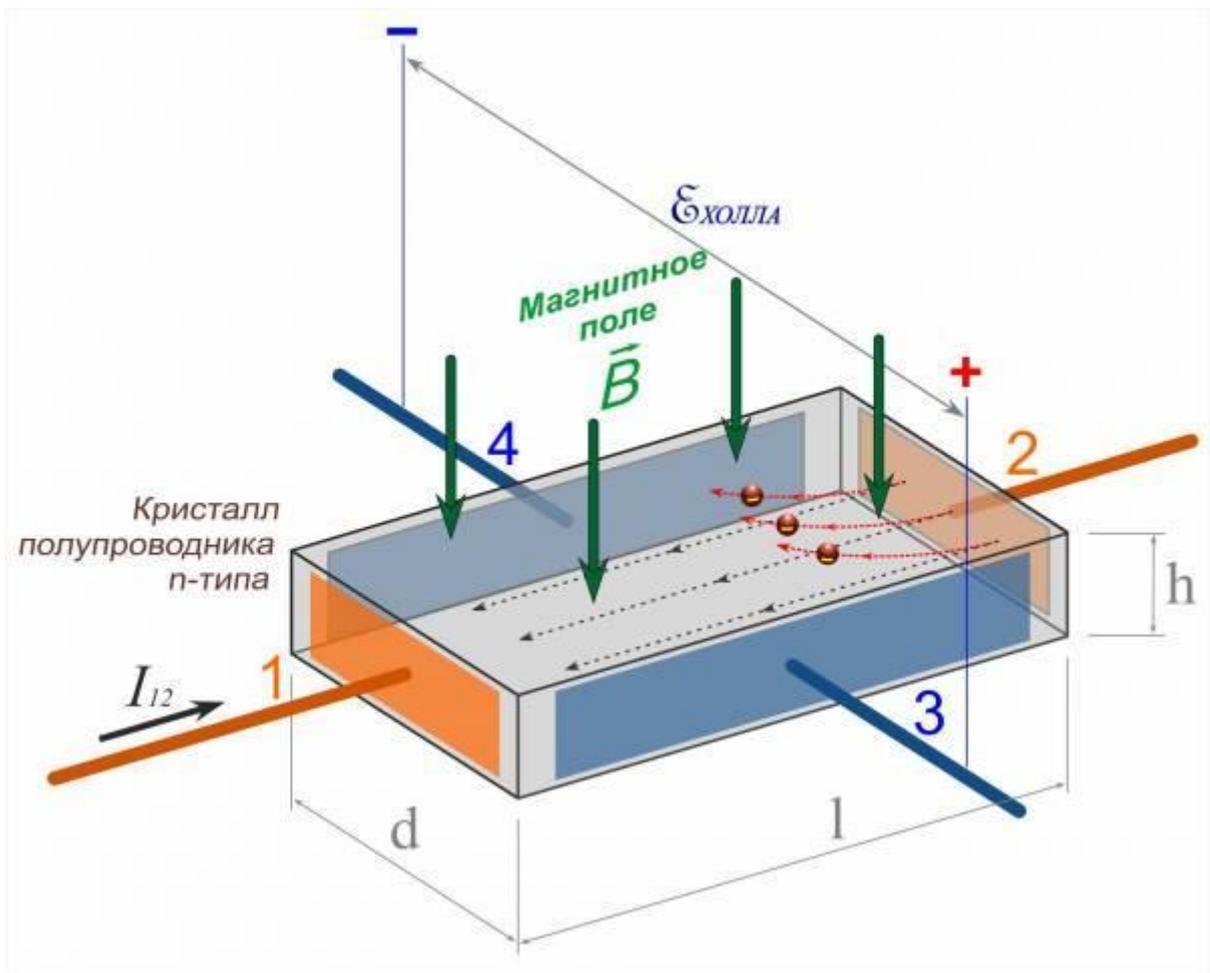


Рисунок 1: Схематическое изображение датчика Холла [1]

Принцип работы датчика Холла (рис.1) состоит в следующем: при помещении проводника с током в магнитное поле на частицы начинает действовать сила Лоренца. Из-за этого заряды скапливаются с двух сторон: на рисунке отрицательные переместятся к стороне 4, положительные к стороне 3. Из-за этого между обкладками 3-4 появляется напряжение равное

$$U_{h0} = \frac{j_x * B * d}{e * n}, \text{ направленное перпендикулярно магнитному полю.}$$

Очевидно, при повороте датчика Холла, направление этого напряжения изменится, но измеряться все еще будет разность потенциалов между обкладками 3-4. Следовательно при том же самом векторе \vec{B} показания прибора уменьшаться и будут равны $U_h = U_{h0} * \cos\alpha$. Это говорит о том, что для определения направления магнитного поля необходимо найти максимальные показания тесламетра (прибора, содержащего датчик

Холла, но показывающего не U_h , а величину поля \vec{B} по двум направлениям. Сама же зависимость будет иметь вид косинуса.

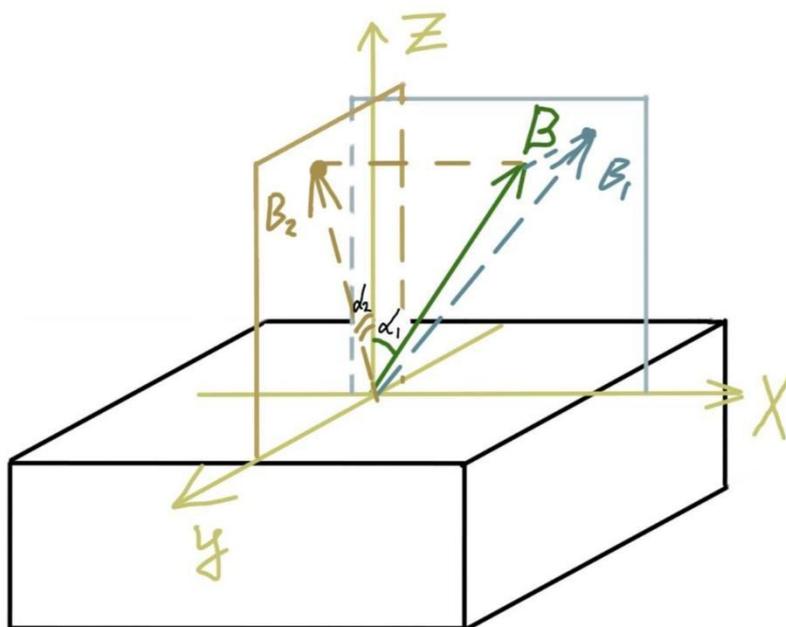


Рисунок 2: схематическое изображение искомых величин (B – магнитное поле, B_1 и B_2 – проекции поля на плоскости XOZ и YOZ соответственно, α_1 и α_2 – искомые углы)

Из рисунка видно, что α_1 и α_2 однозначно определяют направление поля \vec{B} .

Методика измерений

Как было сказано ранее во введении, при выполнении поставленных перед нами задач, появляются несколько проблем: фиксация датчика с хорошей точностью и определение наиболее эффективной методики измерения угла поворота магнита.

Для решения этих сложностей была сконструирована модель, показанная на рис. 3.

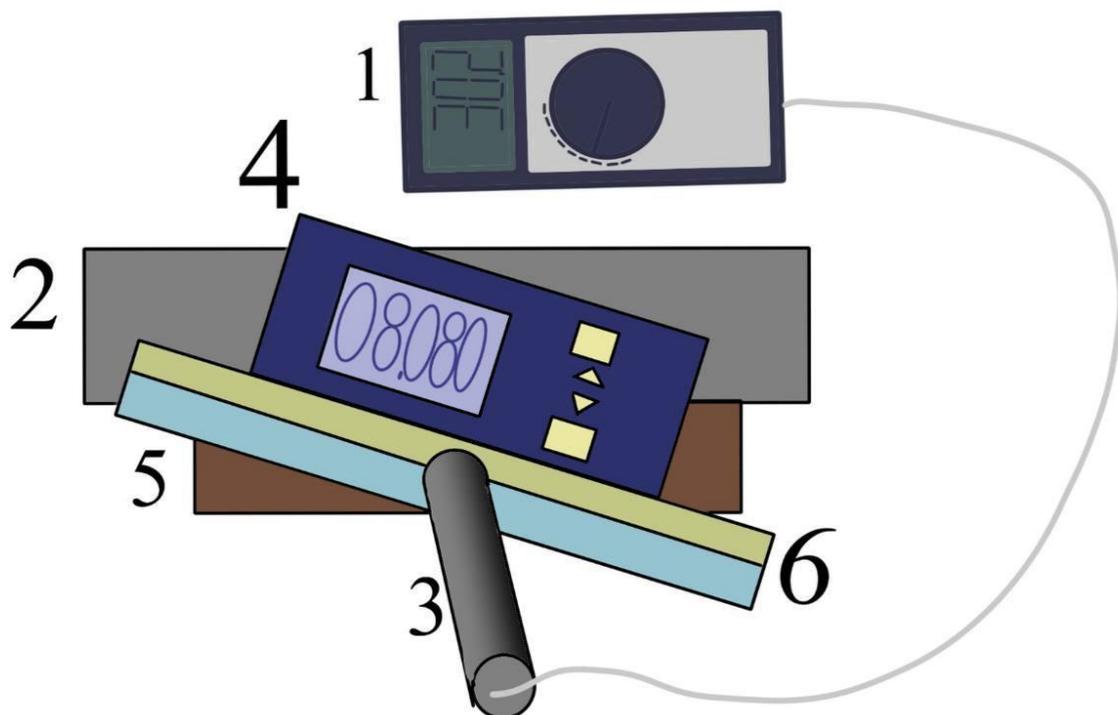


Рисунок 3. Модель установки для фиксации положения датчика Холла с достаточно высокой точностью. 1 – тесламетр, 2 – магнит, 3 – датчик Холла в цилиндре, 4 –угломер, 5 – подставка под магнит с отверстием для датчика Холла, 6 – подставка под угломер

Вставив цилиндр с датчиком Холла в отверстие, появляется возможность вращать его, не изменяя положения датчика. Повернув магнит относительно подставки на 90° , можно найти второй угол в перпендикулярной плоскости. Исходя из этих данных можно построить угловую зависимость для центральной точки магнита. Эту точку можно найти, перемещая датчик в параллельной плоскости. Место с максимальным полем и будет центром магнита (не обязательно геометрическим, с точки зрения поля).

Сам угол измеряется с помощью угломера, закрепленного на специальной подставке.

Результаты эксперимента.

В ходе выполнения эксперимента была собрана такая установка:



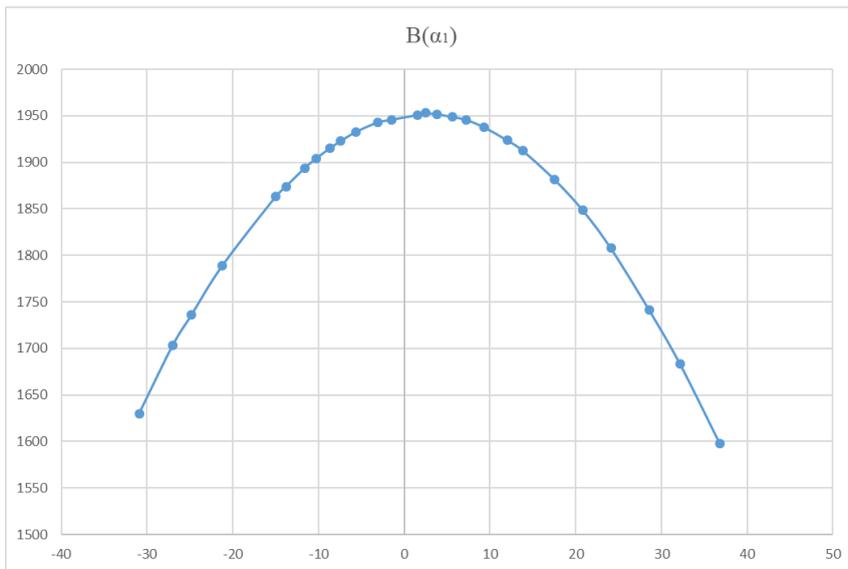
Рисунок 4: Экспериментальная установка

Ниже в таблице 2 и на рисунках 5(а, б) представлены данные, полученные в ходе проделанной работы.

Таблица 2. зависимость магнитного поля от угла наклона датчика Холла:

α_1, \circ	B1, Гс	α_2, \circ	B2, Гс
-30,9	1630	-31	1632
-27	1703	-27,3	1697
-24,8	1736	-25,2	1732
-21,2	1789	-18,9	1824
-15	1863	-16,4	1853
-13,8	1874	-14	1879
-11,6	1894	-11,8	1897
-10,3	1904	-9,5	1917
-8,7	1915	-7,2	1931
-7,4	1923	-4,6	1944
-5,6	1933	-2,5	1951
-3,1	1943	-1,2	1953
-1,5	1946	0,2	1955
1,5	1951	1,3	1956
2,5	1953	2,1	1956
3,8	1952	4,1	1955
5,6	1949	5,5	1952
7,2	1946	7	1947
9,3	1938	8,7	1941
12	1924	10,1	1934
13,8	1913	11,4	1926
17,5	1882	13,2	1914
20,8	1849	15,5	1896
24,1	1808	18,5	1867
28,6	1741	20,5	1846
32,2	1683	23	1815
36,8	1598	26	1774

И получены графики



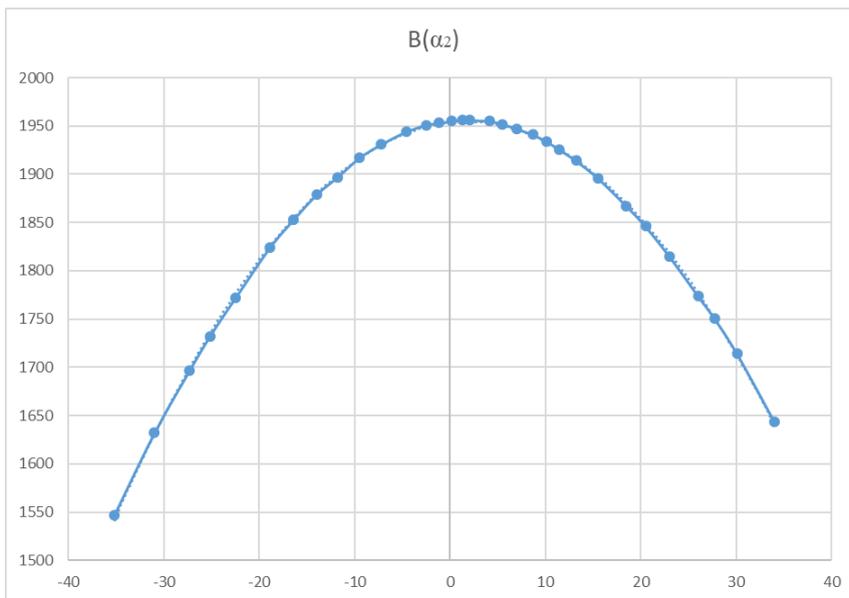


Рисунок 5. Графики зависимости

a) B_1 от α_1

b) B_2 от α_2

Теперь, глядя на графики с уверенностью можно сказать, что магнит, используемый в эксперименте, не идеален: его поле по одному углу отклонено на 2,5 градуса, по второму приблизительно на 1,7 градуса. Можно посчитать угол между силовой линией и осью.

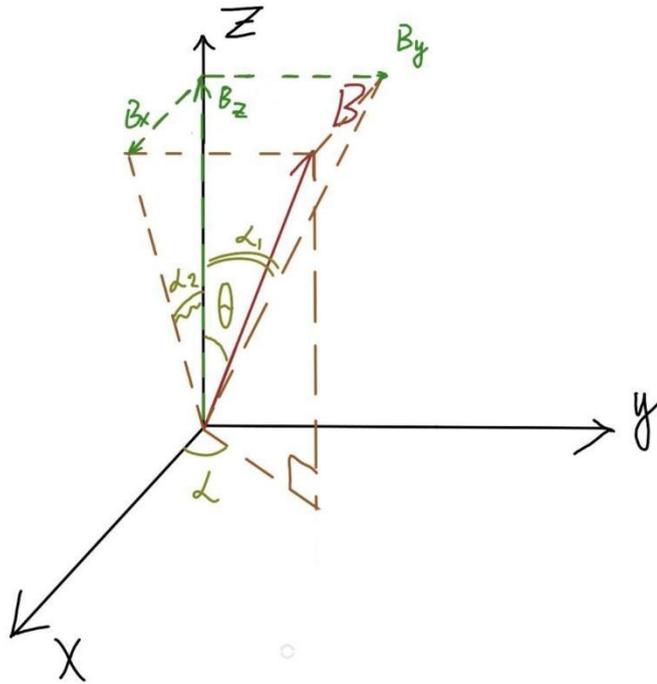


Рисунок 6: схема углов в разных системах координат.

Исходя из углов на рисунке легко найти соотношения:

$$\cos \cos \theta = \frac{1}{\sqrt{\operatorname{tg}^2 \alpha_1 + \operatorname{tg}^2 \alpha_2 + 1}},$$

$$\cos \cos \alpha = \frac{\operatorname{tg} \alpha_2}{\sqrt{\operatorname{tg}^2 \alpha_1 + \operatorname{tg}^2 \alpha_2}},$$

Откуда получаем:

$$\cos \theta = 0,9986 \quad \theta = 3,02^\circ$$

$$\cos \alpha = 0,562 \quad \alpha = 55,8^\circ$$

Также можно отметить, что графики хорошо согласуются с приведенной теорией, так как являются графиками косинуса со смещением.

Вывод

Отклонение выбранного для выполнения эксперимента магнита было не очень велико. Но существуют эксперименты, в которых такой эффект может значительно увеличить погрешность. Также, в ходе настройки установки для эксперимента исследовались и другие магниты. Часть из них имели куда большее отклонение, другие же, судя по эксперименту, сделаны почти идеально.

Благодарности

Автор выражает благодарности:

1. Старостенко Александру Анатольевичу за предоставление свободы выбора и умелое наставничество;
2. Собиной Ульяне Георгиевне за помощь при проведении эксперимента;
3. Рябченко Ксении Константиновне за помощь в написании текста курсовой работы;
4. Тимуру Саламову за помощь в создании экспериментальной установки;
5. Пахомову Алексею Юрьевичу за полезные советы в ходе эксперимента и обработки результатов;
6. Астрелину Виталию Тимофеевичу за интересное и полезное объяснение теоретических моментов, произошедшее во время сдачи лабораторных работ.

Список литературы

[1] авторы Движение носителей заряда в полупроводниках, помещенных в магнитное поле. Эффект Холла. Учебно-методическое пособие. Новосибирск. год