



Группа 201.1 _____

Студент Кононов А, Ясинский М

Преподаватель Василькова Е. И.

Лаборант _____

К работе допущен _____

Работа выполнена _____

Отчет принят _____

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе №4

Эффект Холла в проводнике

1. Цель работы

Изучить эффект Холла в проводнике

2. Задачи, решаемые при выполнении работы

-Измерение зависимости холловской электродвижущей силы от индукции магнитного поля

-Определение концентрации образца и подвижности основных носителей заряда

-Определение значения константы Холла

3. Объект исследования

Эффект Холла при взаимодействии проводника с электромагнитным полем.

4. Метод экспериментального исследования

Измерение зависимости поперечного напряжения от величины индукции магнитного поля.

5. Рабочие формулы и исходные данные

- Константа холла

$$R = \frac{U_{\perp} d}{IB} \quad (1)$$

где R - константа Холла

U_{\perp} - поперечное напряжение

d - ширина проводника

I - сила тока

B - индукция магнитного поля

- Концентрация носителей заряда

$$n = \frac{1}{eR} \quad (2)$$

где e - заряд электрона

- Подвижность носителей заряда

$$\mu = \frac{R}{\rho} \quad (3)$$

где ρ - удельная проводимость образца металла

6. Измерительные приборы

№	Наименование	Тип прибора	Исследуемый диапазон	Погрешность прибора
1	Тесламетр	Электронный	0 ÷ 1100 мТл	1 мТл
2	Вольтметр	Электронный	0 ÷ 10 мкВ	0,1 мкВ
3	Амперметр	Электронный	0 ÷ 5 А	0,1 А

Таблица 1: перечень измерительных приборов

7. Схема установки

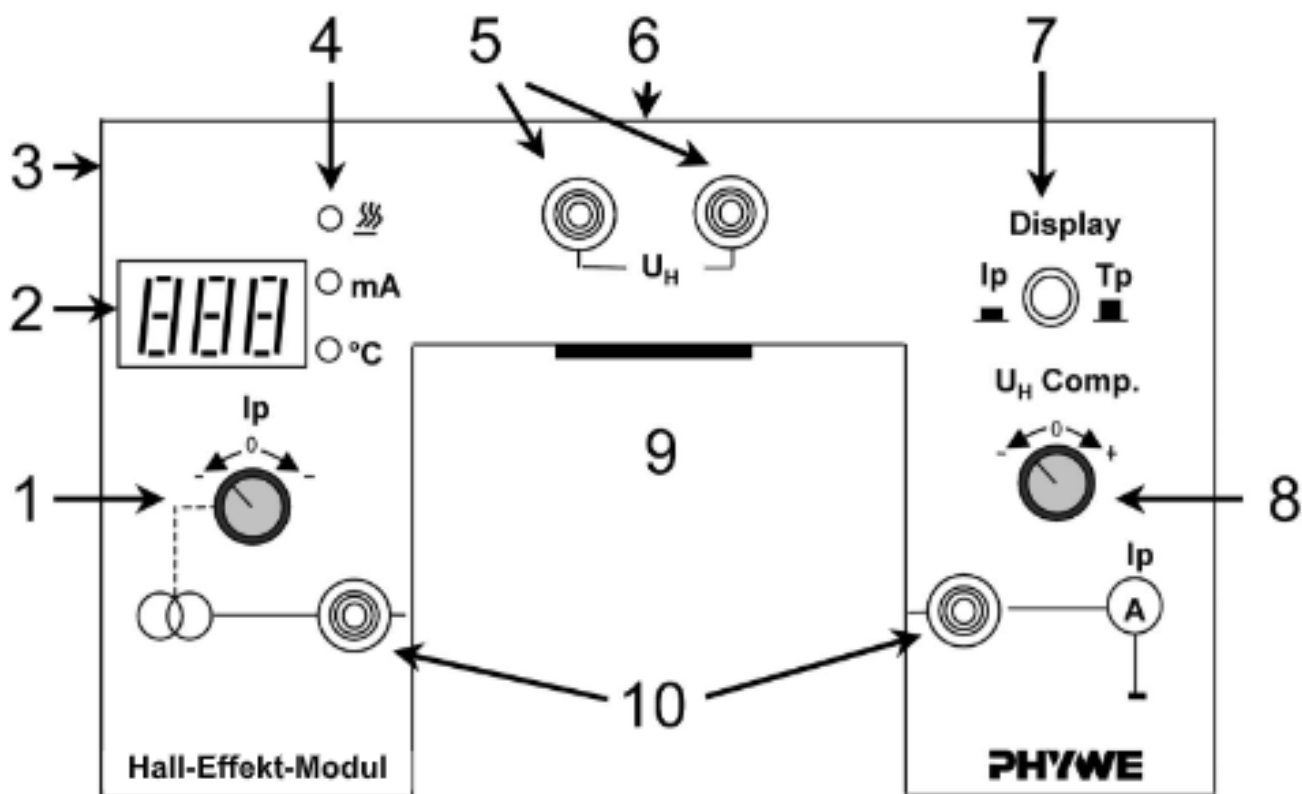


Рисунок 1: Ручка регулирования тока через образец I_P (1); Цифровой индикатор, показывающий, ток через образец (2); Резьбовое отверстие для крепления модуля (3); Светодиодные индикаторы, показывающие включение режима нагрева

образца, а также режим индикации либо тока через образец, либо температуры образца (4); Клеммы для измерения поперечного напряжения на образце U_{\perp} (5); Отверстие для крепления магнитного зонда (6); кнопка выбора режима индикации: если кнопка нажата, то измеряется ток через образец I_P , если отжата – то температура образца T_P (7); Ручка компенсации поперечного напряжения (8); Выемка для крепления сменной платы с электрическим разъёмом (9); Клеммы для измерения продольного напряжения на образце U_P (10).

8. Результаты прямых измерений и их обработки (таблицы, примеры расчетов)

№	B , мТл	U_{\perp} , мкВ
1	56	0,9
2	155	1,1
3	257	1,7
4	356	2,3
5	456	2,7
6	555	3,4
7	656	3,9
8	756	4,4
9	856	4,7
10	956	5,1
11	1055	5,6

Таблица 2: результаты измерений

9. Расчет результатов косвенных измерений (таблицы, примеры расчетов)

Установив постоянный ток $I = 2,5\text{А}$ через образец, и, снимая поперечное напряжение на нем в процессе эксперимента, а так же зная размеры образца $d = 25\text{мм}$, мы можем посчитать константу Холла изучаемого металла (цинка):

$$R = \frac{\Delta U_{\perp} d}{\Delta B I}$$

Найдем отношение изменения поперечного напряжения к изменению магнитной индукции из аппроксимации, методом наименьших квадратов

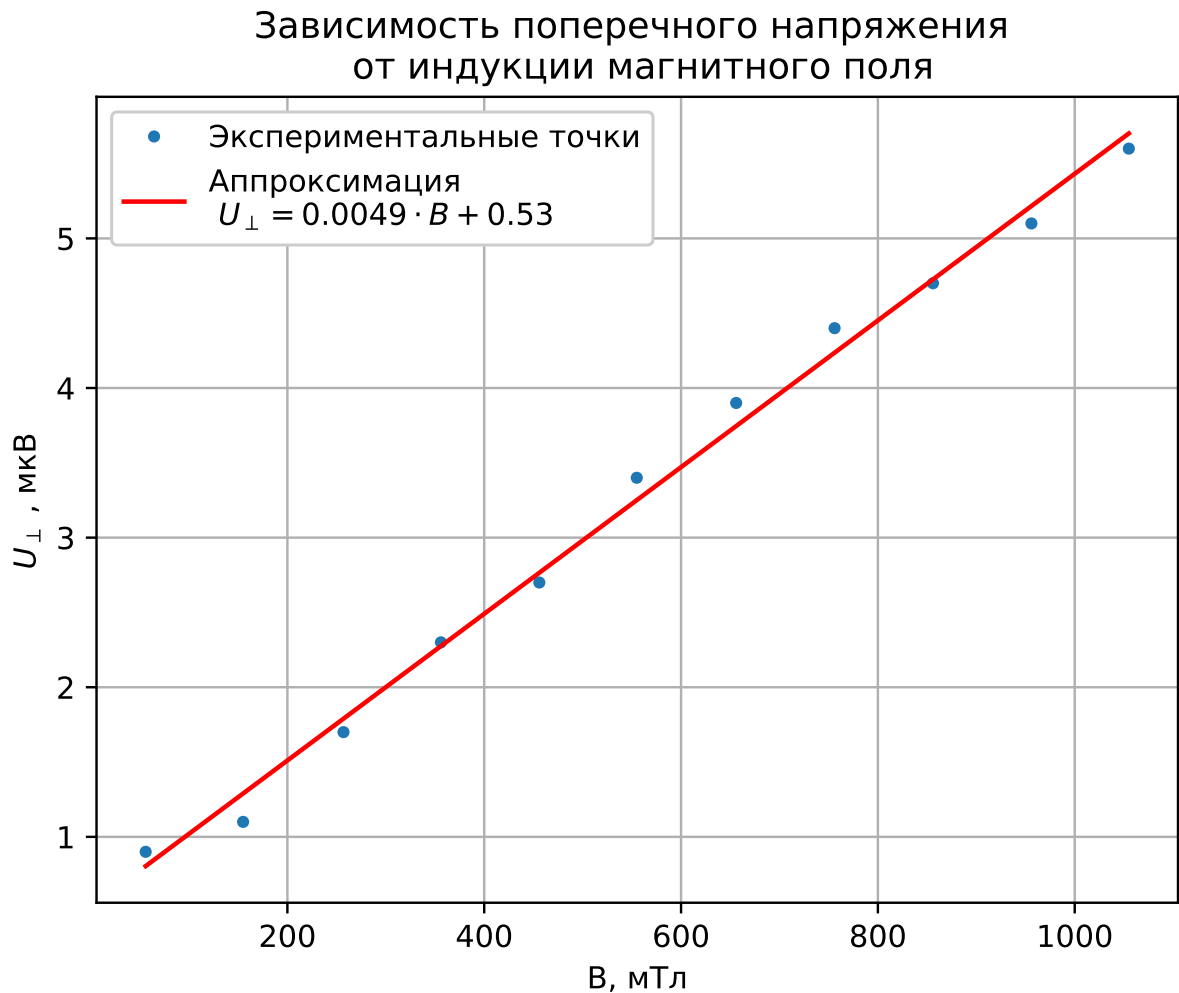


График 1: Зависимость поперечного напряжения от магнитной индукции

С помощью МНК и ковариационной матрицы получили следующую зависимость:

$$U_{\perp} = 0,0049 \cdot B + 0,53$$

где

$$\frac{\Delta U_{\perp}}{\Delta B} = 0,0049 \pm 0,0001 \frac{\text{мкВ}}{\text{мТл}}$$

таким образом константа Холла для нашего образца равна:

$$R = (4,9 \pm 0,1) \cdot 10^{-11} \frac{\text{В} \cdot \text{м}}{\text{Тл} \cdot \text{А}}$$

Зная заряд электрона $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{Кл}$, найдем концентрацию носителей заряда:

$$n = (12,8 \pm 0,3) \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$$

А так же, зная удельное сопротивления для цинка $\rho = 5,4 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$, найдем подвижность зарядов в нем:

$$\mu = (0,90 \pm 0,02) \cdot 10^{-3} \frac{\text{м}^2}{\text{В} \cdot \text{с}}$$

10. Выводы и анализ результатов

В данной лабораторной работе нами была найдена константа Холла для цинка. Снимая зависимость поперечного напряжения от индукции магнитного поля, нами была рассчитана константа Холла. В разных справочниках мы нашли разные табличные значения для этой константы. Самое близкое к нашему значению оказалось следующее:

$$R^{\text{таблич}} = 4,0 \cdot 10^{-11} \frac{\text{м}^3}{\text{Кл}}$$

В пределах погрешности найденная нами константа не совпадает с табличной, но по порядку они совпадают:

$$|R^{\text{таблич}} - R| > \Delta R$$

$$R \sim R^{\text{таблич}} \sim 10^{-11} \frac{\text{м}^3}{\text{Кл}}$$

Это может быть связано с различными эффектами, например, температурой, от которой зависит константа Холла, а так же наличием примесей в нашем образце, которые могут влиять на различные электрические св-ва, в том числе и константу Холла.

Еще нами была рассчитана концентрация и подвижность носителей заряда в Цинке. При этом рассчитанное значение концентрации согласуется с табличным в пределах погрешности:

$$n^{\text{таблич}} = 13,1 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$$

$$|n^{\text{таблич}} - n| \leq \Delta n$$

А табличное значение подвижности для носителей заряда в цинке нам найти не удалось.

Стоит отметить, что положительность константы Холла можно объяснить следующим образом: с увеличением индукции магнитного должна возрасти сила Лоренца, а значит и поперечное напряжение. Значит зависимость должна иметь положительный знак. Так как сила Лоренца, ток и магнитная индукция образуют правую тройку векторов, можем говорить о положительности поперечного напряжения. Если бы при тех же направлениях тока и магнитного поля, напряжение имело бы другой знак, это бы означало, что носители заряда имеют другой знак и поэтому сила лоренца направлена в другую сторону, образуя левую тройку векторов. Исходя из полученных результатов можем считать работу успешно выполненной.