

Эффект Холла в металлах

Цель работы:

Измерение подвижности и концентрации носителей заряда в металлах.

Оборудование:

Электромагнит с источником питания, источник постоянного тока, микровольтметр Ф116/16 амперметры, милливексметр, образцы из меди, серебра и цинка.

Экспериментальная установка:

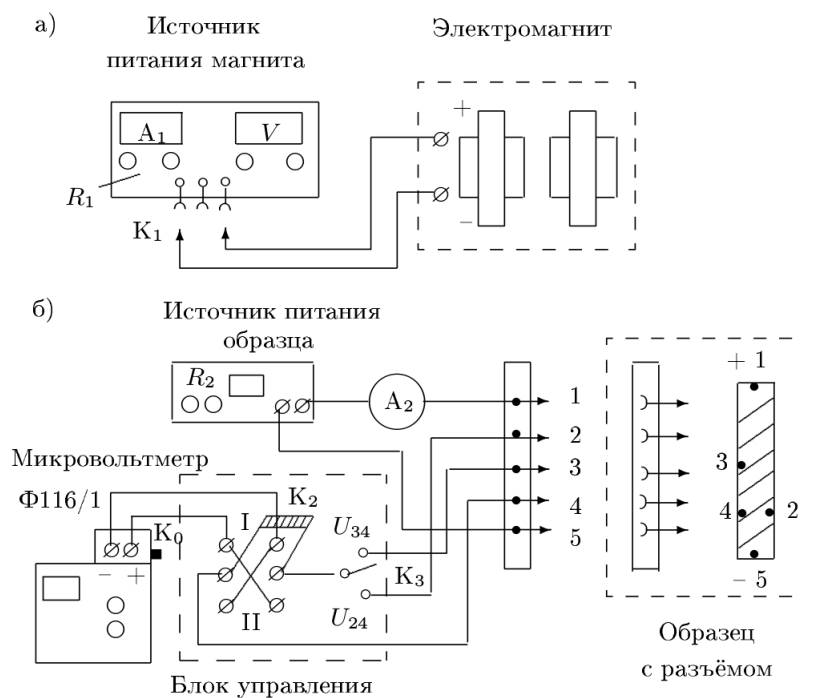


Рис. 1: Схема установки

Теоретическая часть:

Одновременное исследование эффекта Холла и проводимости позволяет находить плотность носителей заряда и их подвижность. Суть эффекта Холла состоит в следующем. Пусть через однородную пластину металла вдоль оси x течет ток I . Если эту пластину поместить в магнитное поле, направленно по оси y , то между гранями появится разность

потенциалов. На электрон, движущийся со скоростью \mathbf{v} в электромагнитном поле, действует сила Лоренца.

$$\mathbf{F}_\text{л} = -e\mathbf{E} - e\mathbf{v} \times \mathbf{B} \quad (1)$$

В нашем случае сила, обусловленная вторым слагаемым, направлена вдоль оси z .

$$F_B = e |v_x| B \quad (2)$$

Под действием этой силы электроны отклоняются к грани Б, заряжая ее отрицательно. При этом на грани А накапливаются нескомпенсированные положительные заряды, что приводит к возникновению электрического поля E_z , направленного от А к Б, которое действует на электроны силой $F_E = eE_z$, направленной против силы F_B . В стационарном режиме F_E уравнивает F_B , и накопление зарядов на боковых гранях прекращается. Из условия равновесия найдем:

$$E_z = |v_x| B \quad (3)$$

С полем E_z связана разность потенциалов U_{AB} между гранями А и Б.

$$U_{AB} = -E_z l = -|v_x| B l \quad (4)$$

Заметим, что сила тока

$$I = ne |v_x| l \cdot a, \quad (5)$$

отсюда найдем ЭДС Холла:

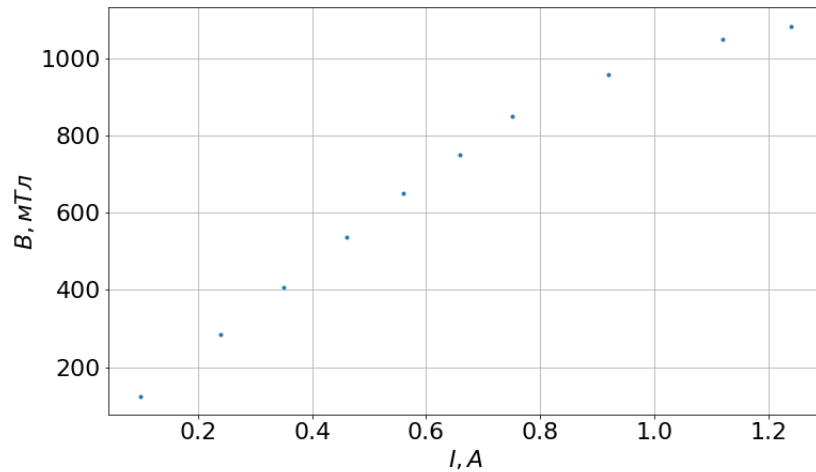
$$U_x = U_{AB} = -\frac{IB}{nea} = -R_x \cdot \frac{IB}{a}, \quad (6)$$

где $R_x = \frac{1}{ne}$ — постоянная Холла.

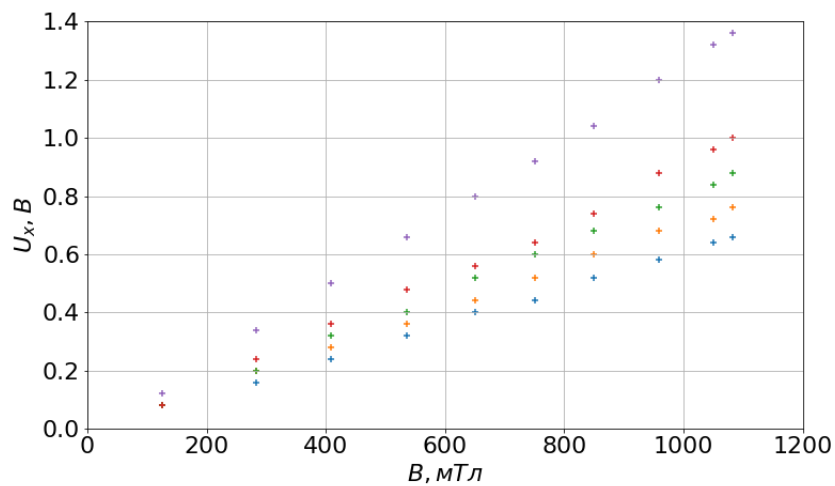
Обработка результатов измерений:

Построим график зависимости индукции магнитного поля от тока через магнит:

$I_\text{м}, \text{А}$	0,10	0,24	0,35	0,46	0,56	0,75	0,92	1,12	1,24
$b, \text{мТл}$	125	284	408	536	651	751	850	1050	1083

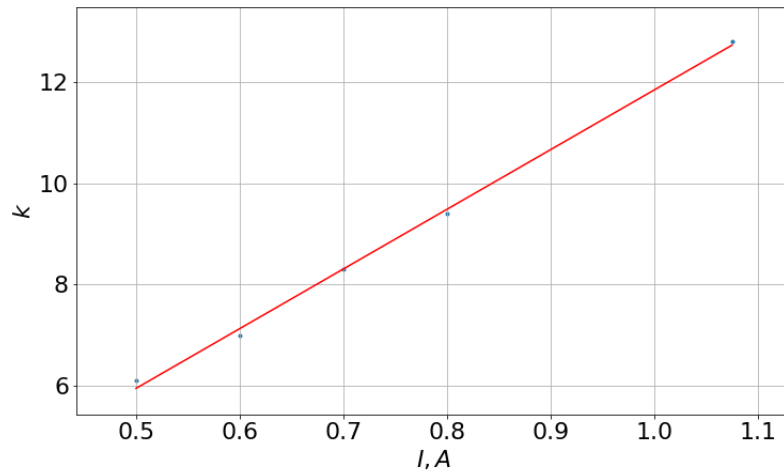
Рис. 2: Зависимость B от I_m

Построим на одном графике семейство характеристик $U_x = f(B)$ при разных значениях тока I через образец и определим угловые коэффициенты:

Рис. 3: Зависимость U_x от B

$K, 10^{-4} \frac{\Delta U_x}{\Delta B}$	6.1	7.0	8.3	9.4	12.8
--	-----	-----	-----	-----	------

Построим график зависимости коэффициента наклона от тока через образец и из него определим величину постоянной Холла R_x :

Рис. 4: Зависимость k от I

Коэффициент наклона графика $K = 11.8 \pm 0.3$

$$R_x = -\frac{K}{a} = -0.87 \pm 0.3 \frac{\text{м}^3}{\text{Кл}}$$

Табличное значение $R_{x_{\text{табл}}} = -0.9 \frac{\text{м}^3}{\text{Кл}}$

Вывод:

Найденная нами постоянная Холла с учётом погрешности совпадает с табличной. Знак этой постоянной показывает, что основными носителями заряда в металле являются электроны.