

Лабораторная работа 3.3.5. Эффект Холла в металлах

Норкин Дмитрий

11/07/17

Теория

Проводимость материала образца $\sigma = \frac{IL}{U_{34}al}$

ЭДС Холла $\mathcal{E} = R_x \cdot \frac{IB}{a}$, где $R_x = \frac{1}{ne}$ - постоянная Холла

Таким образом $R_x = \frac{1}{a} \cdot \frac{dk}{dI}$, где $k = \frac{d\mathcal{E}}{dB}$ - угловой коэффициент в графике $\mathcal{E}(B)$

В дальнейшем будем использовать обозначение $p = \frac{dk}{dI} \Rightarrow R_x = ap$

Подвижность $b = \frac{\sigma}{en} = \sigma R_x$

Измерения

Калибровка

Перед началом основной части эксперимента прокалируем электромагнит.

J , А	0	0.15	0.30	0.45	0.60	0.75	0.90	1.05	1.20
B , мТл	21	182	370	565	739	878	969	1038	1081

Таблица 1: Калибровка электромагнита

Полученную зависимость мы можем наблюдать на Рис. 1

Проводимость

Шкала вольтметра: 75 дел = 750 мкВ

Медь: $L = 7.5$ мм; $l = 8$ мм; $a = 0.05$ мм; $U_{34} = 38$ дел = 0.38 мВ

Серебро: $L = 7.1$ мм; $l = 7$ мм; $a = 0.07$ мм; $U_{34} = 25$ дел = 0.25 мВ

Цинк: $L = 4$ мм; $l = 10$ мм; $a = 0.08$ мм; $U_{34} = 34$ дел = 0.34 мВ

Таким образом проводимости: $\sigma_{Cu} = (4.9 \pm 0.1) \cdot 10^7$ См; $\sigma_{Ag} = (5.8 \pm 0.1) \cdot 10^7$ См

Медь

Шкала вольтметра: 75 дел = 3 мкВ

I_m , А	\mathcal{E}_1 , дел	\mathcal{E}_2 , дел	\mathcal{E}_3 , дел	\mathcal{E}_4 , дел	\mathcal{E}_5 , дел	\mathcal{E}_1 , мкВ	\mathcal{E}_2 , мкВ	\mathcal{E}_3 , мкВ	\mathcal{E}_4 , мкВ	\mathcal{E}_5 , мкВ
0.0	11.0	15.0	18.0	21.0	22.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.15	14.0	19.0	22.0	25.5	26.0	0.12	0.16	0.16	0.18	0.16
0.3	18.0	22.5	26.5	30.0	32.5	0.28	0.3	0.34	0.36	0.42
0.45	21.0	26.5	30.5	35.5	38.0	0.4	0.46	0.5	0.58	0.64
0.6	24.0	30.0	35.0	40.0	44.0	0.52	0.6	0.68	0.76	0.88
0.75	27.0	33.0	39.0	44.5	48.0	0.64	0.72	0.84	0.94	1.04
0.9	29.0	36.0	41.0	47.0	51.5	0.72	0.84	0.92	1.04	1.18
1.05	30.5	37.5	43.0	49.0	53.0	0.78	0.9	1.0	1.12	1.24
1.2	32.0	39.0	44.5	50.0	55.0	0.84	0.96	1.06	1.16	1.32

Таблица 2: Эффект Холла для меди

$I, \text{ A}$	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
$k, \text{ мкВ/Тл}$	0.77	0.88	0.99	1.10	1.25

Таблица 3: Зависимость $k(I)$ для меди

Погрешность угловых коэффициентов по МНК: $\Delta k \approx 0.01 \text{ мкВ/Тл}$

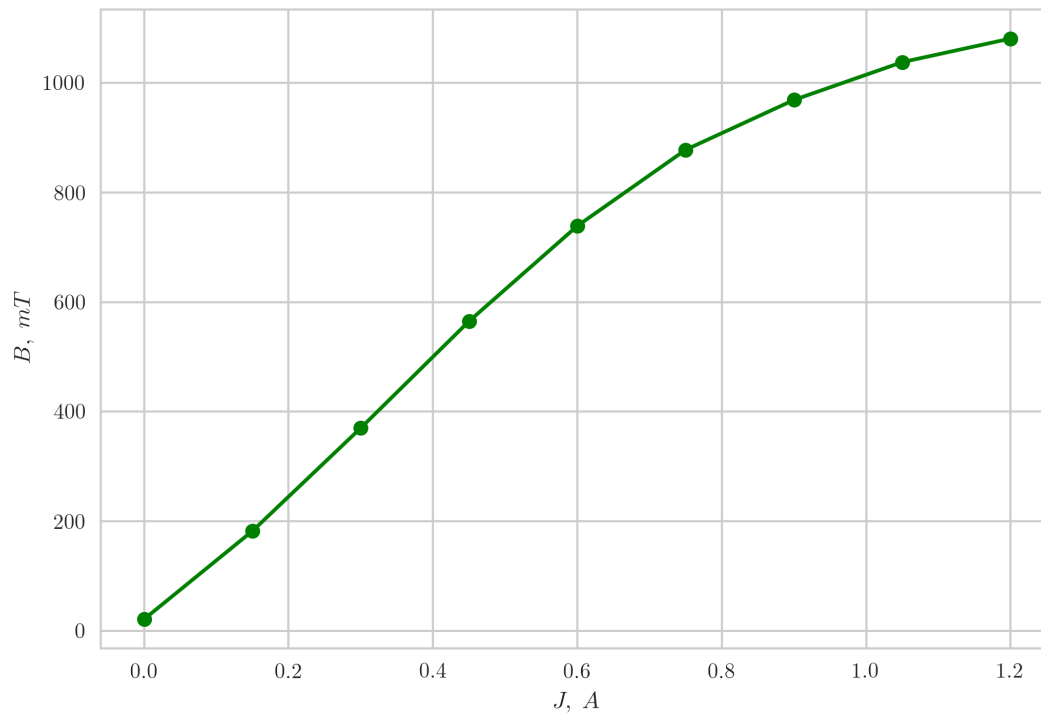


Рис. 1: Зависимость тока от магнитного поля

Серебро

$I_m, \text{ A}$	$\mathcal{E}_1, \text{ дел}$	$\mathcal{E}_2, \text{ дел}$	$\mathcal{E}_3, \text{ дел}$	$\mathcal{E}_4, \text{ дел}$	$\mathcal{E}_5, \text{ дел}$	$\mathcal{E}_1, \text{ мкВ}$	$\mathcal{E}_2, \text{ мкВ}$	$\mathcal{E}_3, \text{ мкВ}$	$\mathcal{E}_4, \text{ мкВ}$	$\mathcal{E}_5, \text{ мкВ}$
0.0	-2.0	-3.5	-5.0	-6.5	-8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.15	1.0	0.0	-1.0	-2.0	-3.0	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2
0.3	4.0	4.0	3.5	3.0	2.5	0.24	0.3	0.34	0.38	0.42
0.45	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	0.4	0.46	0.52	0.58	0.64
0.6	11.0	11.5	12.0	13.0	13.0	0.52	0.6	0.68	0.78	0.84
0.75	13.0	14.5	15.5	16.5	17.0	0.6	0.72	0.82	0.92	1.0
0.9	15.0	16.5	18.0	19.0	20.0	0.68	0.8	0.92	1.02	1.12
1.05	16.0	18.0	19.5	20.5	22.0	0.72	0.86	0.98	1.08	1.2
1.2	17.0	19.0	20.5	22.0	24.0	0.76	0.9	1.02	1.14	1.28

Таблица 4: Эффект Холла для серебра

$I, \text{ A}$	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
$k, \text{ мкВ/Тл}$	0.71	0.84	0.96	1.07	1.18

Таблица 5: Зависимость $k(I)$ для серебра

Погрешность угловых коэффициентов по МНК: $\Delta k \approx 0.01 \text{ мкВ/Тл}$

Цинк

I_m, A	$\mathcal{E}, \text{ дел}$	$\mathcal{E}, \text{ мкВ}$	$B, \text{ мТл}$
0.0	32.0	0.0	21.0
0.15	36.0	0.16	182.0
0.3	40.5	0.34	370.0
0.45	45.0	0.52	565.0
0.6	48.5	0.66	739.0
0.75	51.5	0.78	878.0
0.9	54.0	0.88	969.0
1.05	56.0	0.96	1038.0
1.2	57.0	1.0	1081.0

Таблица 6: Эффект Холла для цинка

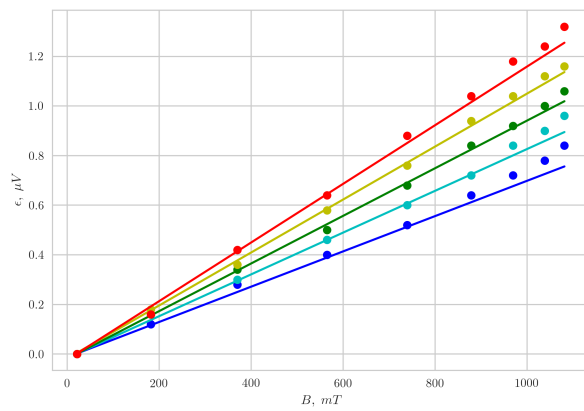


Рис. 2: ЭДС Холла для меди

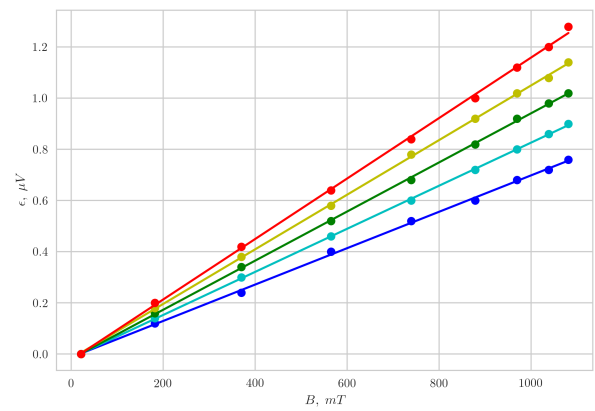


Рис. 3: ЭДС Холла для серебра

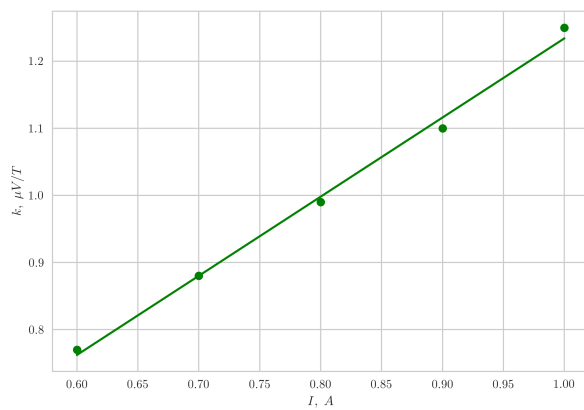


Рис. 4: $k(I)$ для меди

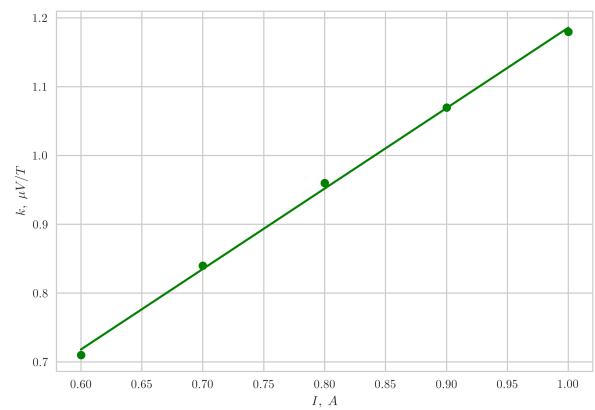


Рис. 5: $k(I)$ для серебра

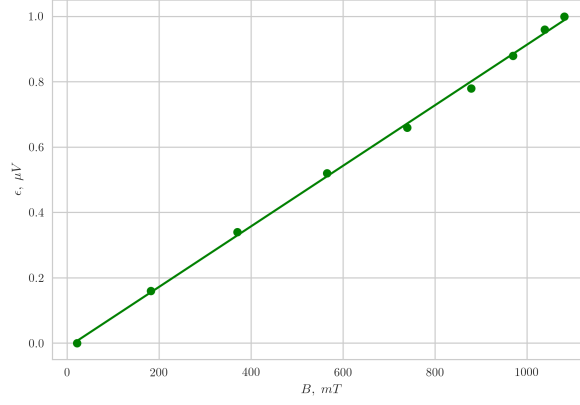


Рис. 6: $\mathcal{E}(B)$ для цинка

Из графиков $p_{Cu} = (1.18 \pm 0.05) \frac{\text{мкВ}}{\text{Тл} \cdot \text{А}}$; $p_{Ag} = (1.17 \pm 0.04) \frac{\text{мкВ}}{\text{Тл} \cdot \text{А}}$; $k_{Zn} = (0.93 \pm 0.01) \frac{\text{мкВ}}{\text{Тл}}$

Отсюда постоянные Холла $R_{Cu} = (-0.59 \pm 0.02) \cdot 10^{-10} \frac{\text{В}}{\text{Тл} \cdot \text{А} \cdot \text{м}}$; $R_{Ag} = (-0.82 \pm 0.03) \cdot 10^{-10} \frac{\text{В}}{\text{Тл} \cdot \text{А} \cdot \text{м}}$; $R_{Zn} =$
 $(0.7 \pm 0.1) \cdot 10^{-10} \frac{\text{В}}{\text{Тл} \cdot \text{А} \cdot \text{м}}$

Концентрации носителей тока: $n_{Cu} = (1.06 \pm 0.04) \cdot 10^{29} \text{ м}^{-3}$; $n_{Ag} = (0.76 \pm 0.03) \cdot 10^{29} \text{ м}^{-3}$

Подвижности: $b_{Cu} = (29 \pm 2) \frac{\text{см}^2}{\text{В} \cdot \text{с}}$; $b_{Ag} = (48 \pm 3) \frac{\text{см}^2}{\text{В} \cdot \text{с}}$

Теоретические подвижности: $b_{Cu}^{th} = 32 \frac{\text{см}^2}{\text{В} \cdot \text{с}}$; $b_{Ag}^{th} = 56 \frac{\text{см}^2}{\text{В} \cdot \text{с}}$

Выводы

Полученные результаты хорошо согласуются с табличными значениями.