

Московский физико-технический институт
(государственный университет)

Лабораторная работа по электричеству

Измерение магнитного поля Земли [3.1.3]

Талашкевич Даниил Александрович
Группа Б01-009

Долгопрудный
2021

Содержание

1	Теоретическое введение	1
2	Экспериментальная установка	2
3	Ход работы	2
3.1	Подготовка приборов к работе	2
3.2	Калибровка электромагнита	3
3.3	Исследование магнетосопротивления образцов	5
4	Обработка результатов	6
5	Вывод	7
6	Литература	7

Цель работы: измерение зависимости сопротивления полупроводниковых образцов различной формы от индукции магнитного поля.

Используемое оборудование: электромагнит, милливеберметр или миллитесламетр (на основе датчика Холла), вольтметр, амперметр, миллиамперметр, реостат, образцы монокристаллического антимонида индия (InSb) n -типа.

1 Теоретическое введение

В работе исследуется эффект зависимости электрического сопротивления от магнитного поля на примере диска Корбино (см. рис.).

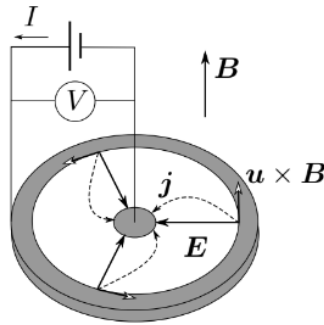


Рис. 1: Диск Корбино

При отсутствии магнитного поля, направленного перпендикулярно плоскости диска, по диску течёт ток, определяемый по закону

$$I = \frac{U}{R_0}, \quad R_0 = \frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{\sigma_0 2\pi r h} \quad (1)$$

Однако при включении магнитного поля индукции B на частицы-переносчики тока начинает действовать сила Лоренца, из-за чего траектория частиц увеличивается в расстоянии, проходимом между двумя точками с фиксированной разницей потенциалов U .

В этом случае проводимость равна

$$\sigma_r = \frac{\sigma_0}{1 + (\mu B)^2} \quad (2)$$

Закон Ома преобразовывается в следующий вид:

$$I = \frac{U}{R}, R = R_0(1 + (\mu B)^2) \quad (3)$$

Таким образом, зависимость $I(U)$ поменялась из-за геометрических особенностей диска Корбино. Такой эффект называют геометрическим магнетосопротивлением. В этой работе будут исследоваться зависимость сопротивления диска от магнитного поля, проверяться выше записанные формулы и исследоваться как влияет характер зависимости геометрических форм на зависимость $R(B)$.

2 Экспериментальная установка

Для исследование зависимости $R(B)$ используется следующая методика:

1. Используется калибровка электромагнита (источника магнитного поля): находится зависимость индукции создаваемого магнитного поля от тока в контуре электродвигателя $B(I_m)$ (или $I_m(B)$), который регистрируется амперметром A_1 , чтобы в дальнейшем считать величину магнитного поля с помощью тока в контуре I_m .
2. При постоянной силе тока I_0 , которая настраивается с помощью сопротивления реостата в контуре с источником питания, меняется величина индукции магнитного поля, тем самым меняется напряжение U , подаваемое на диск Корбино. Исследуется зависимость $R(B)$ через калибровочную кривую и зависимость $U(I_m)$.
3. Проводится тот же самый опыт с прямоугольной пластинкой с исследованием зависимости её сопротивления $R(B)$.

3 Ход работы

3.1 Подготовка приборов к работе

Включим вольтметр кнопкой "Сеть"

Присоединим диск Корбино через разъём к цепи питания. Убедившись, что реостат R_2 выведен на минимум тока, включим в сеть блок управления и тумблером К подключим образец.

Теперь определим диапазон изменения силы тока через образец. Для этого снова уберем ток до нуля и временно отключим образец от цепи.

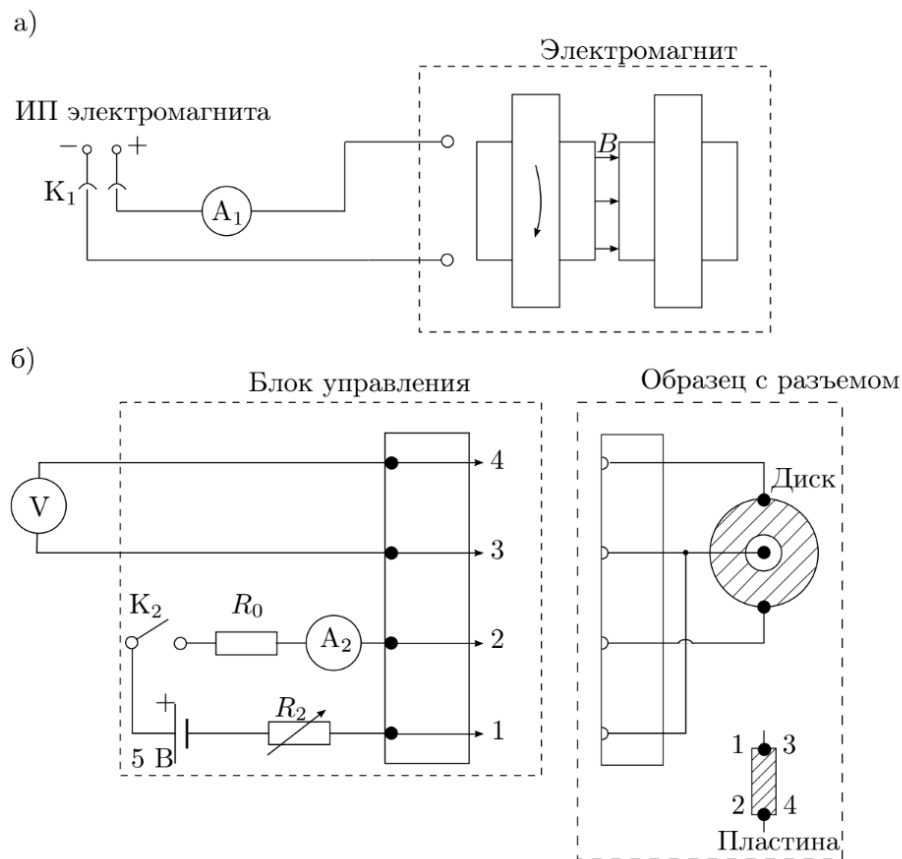


Рис. 2: Схемы экспериментальных установок

Установим все ручки регулировки источника питания магнита (GPR-11H30D) на минимум сигнала и включим источник в сеть. Установим обе ручки регулировки тока на максимум.

Используя ручки регулировки напряжения R_1 (сначала *fine*, затем *coarse*), определим диапазон изменения силы тока через электромагнит, чтобы выбрать, каким шагом следует увеличивать ток при калибровке магнита.

Получили следующий диапазон изменения силы тока через электромагнит 0,05 – 0,40 А.

3.2 Калибровка электромагнита

Сперва ознакомимся с устройством и принципом работы измерителя магнитной индукции Ш1-10.

Теперь при помощи прибора Ш1-10 исследуем зависимость индукции B магнитного поля в зазоре от тока I_M через обмотки магнита.

Проведем измерения магнитной индукции для 8 значений тока I_M через электромагнит. Так же убедились, что в отсутствие тока через магнит индукция B практически равна нулю.

I, A	$B, мТс$
0,05	71,4
0,10	125,7
0,15	188,1
0,20	247
0,25	301
0,30	338
0,35	356
0,39	371

Таблица 1: градуировка $B(I)$

График полученной зависимости (и её аппроксимация):

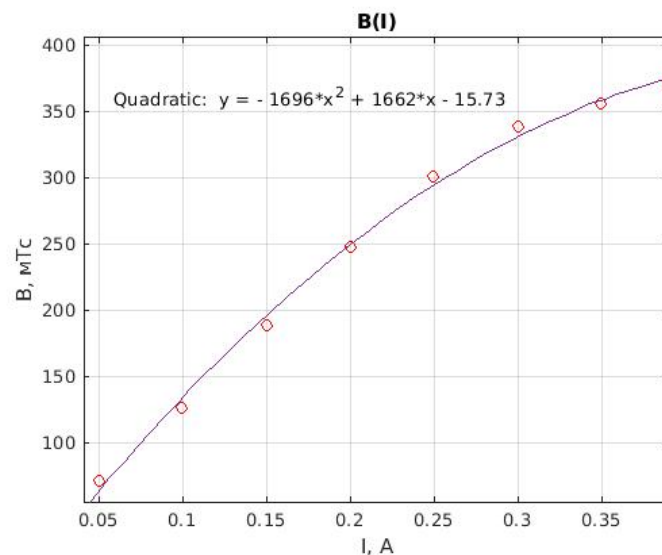


Рис. 3: Измерение магнитных моментов шариков

Видно, что при небольших значениях тока зависимость почти линейная, однако при больших видны значительные отклонения от прямой (парабола).

3.3 Исследование магнетосопротивления образцов

Подключим диск Корбино к электрической цепи. При помощи реостата R_2 установим ток через образец $I_0 \simeq 25$ мА. Измерим падение напряжения на образце в отсутствие магнитного поля. ХХ

Вставим держатель с диском в зазор электромагнита. Снимим зависимость напряжения U на образце от тока I_M через обмотки магнита при фиксированном токе через образец ($I_0 \simeq 25$ мА).

U , мВ	I , А
0,899	0,05
1,213	0,10
1,694	0,15
2,175	0,20
2,687	0,25
3,143	0,30
3,415	0,35
3,552	0,39

Таблица 2: зависимость напряжения на образце от тока (диск)

U , мВ	I , А
0,898	0,05
1,212	0,10
1,696	0,15
2,174	0,20
2,687	0,25
3,143	0,30
3,414	0,35
3,551	0,39

Таблица 3: зависимость напряжения на образце от тока (перевернутый диск)

По полученным данным видно, что результат измерения не зависит от направления магнитного поля.

Теперь вместо диска Корбино подключим к измерительной цепи образец, имеющий форму пластинки. Реостатом R_2 установим в образце ток 10 мА. Измерим падение напряжения на образце в отсутствие магнитного поля.

Снимим зависимость напряжения U на образце от тока через магнит при постоянном токе $I = 10$ мА через образец. При измерениях длинная сторона образца должна быть направлена поперёк поля, а средняя (ширина) в одной серии опытов располагается вдоль, а в другой - поперёк поля.

полученный данные:

U , мВ	I , А
2,890	0,05
3,008	0,10
3,142	0,15
3,253	0,20
3,384	0,25
3,449	0,30
3,488	0,35
3,512	0,40

Таблица 4: зависимость напряжения на образце от тока (пластинка)

Для обработки результатов понадобятся данные с размерами диска и характеристиками приборов:

$InSb$; $D = 18$ мм; $d = 3$ мм; $h = 1,8$ мм .

4 Обработка результатов

Построим калибровочный график $B(I_M)$, чтобы в дальнейшем использовать эти данные для интерполяции.

График полученной зависимости (и её аппроксимация):

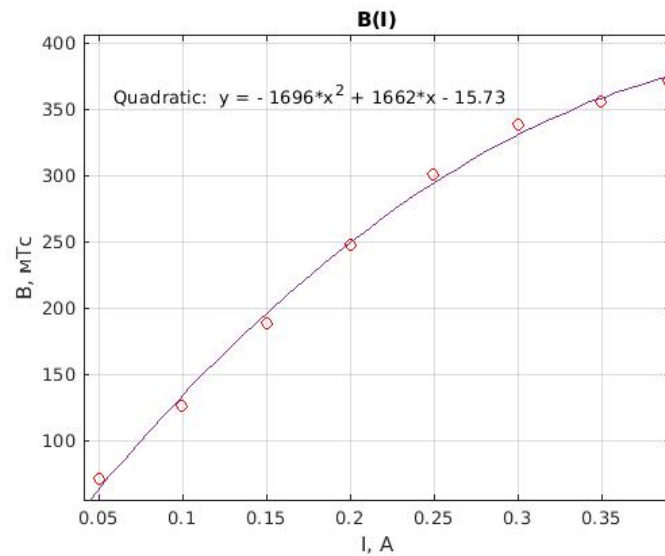


Рис. 4: Измерение магнитных моментов шариков

Видно, что при небольших значениях тока зависимость почти линейная, однако при больших видны значительные отклонения от прямой (парабола).

5 Вывод

6 Литература

1. **Лабораторный практикум по общей физике:** Учебное пособие. В трех томах. Т. 2. Электричество и магнетизм /Гладун А.Д., Александров Д.А., Берулёва Н.С. и др.; Под ред. А.Д. Гладуна - М.: МФТИ, 2007. - 280 с.