

## Работа №

### ПОДТВЕРЖДЕНИЕ ЗАКОНА АМПЕРА

По закону Ампера на элемент проводника  $dl$  с током  $I$  со стороны магнитного поля с индукцией  $\mathbf{B}$  действует сила

$$d\vec{F} = I [d\vec{l}, \vec{B}]. \quad (1)$$

Пусть магнитное поле создается длинным линейным проводником с током  $I$ . Используя теорему о циркуляции вектора  $\mathbf{B}$ , легко получить, что вдали от концов проводника магнитная индукция прямо пропорциональна току и обратно пропорциональна расстоянию  $r$  от оси проводника:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2\pi r}. \quad (2)$$

Поместим в созданное длинным линейным проводником магнитное поле другой проводник, участок длиной  $l$  которого параллелен первому проводнику (рис.1), и пусть расстояние между проводниками равно  $b$ .

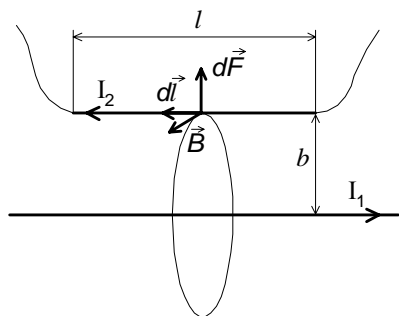


Рис. 1

Предположим, что токи  $I_1$  и  $I_2$  в проводниках текут в противоположные стороны, как показано на рисунке. Тогда модуль действующей на элемент проводника  $dl$  силы равен

$$dF = I_2 \cdot dl \cdot B = I_2 dl \frac{\mu_0 I_1}{2\pi b}, \quad (3)$$

а ее направление показано на рисунке. Полную силу, действующую на участок провода

длиной  $l$  найдем интегрированием (3):

$$F = I_2 \cdot l \cdot B = I_2 l \frac{\mu_0 I_1}{2\pi b}. \quad (4)$$

В работе взаимодействующие проводники соединены последовательно. В таком случае  $I_1 = I_2 = I$ , и тогда сила пропорциональна квадрату тока и обратно пропорциональна расстоянию между проводниками:

$$F = I \cdot l \cdot B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{2I^2 l}{b}. \quad (5)$$

Сила, действующая на единицу длины проводника, при этом равна

$$f = \frac{F}{l} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{2I^2}{b}. \quad (6)$$

### Приборы и оборудование

Общий вид установки для проведения опытов показан на рис. 2. Ток от источника протекает последовательно через два параллельных проводника, расположенных горизонтально. Нижний проводник закреплен на регулируемой по высоте подставке, а верхний – в датчике измерителя силы. Длина верхнего проводника составляет  $300 \pm 2$  мм. Нижний проводник длиннее верхнего на 4 см. Ток, протекающий через проводники, измеряется амперметром. Показания измерителя силы даются в мН. Приборная погрешность измерителя силы составляет 1%.

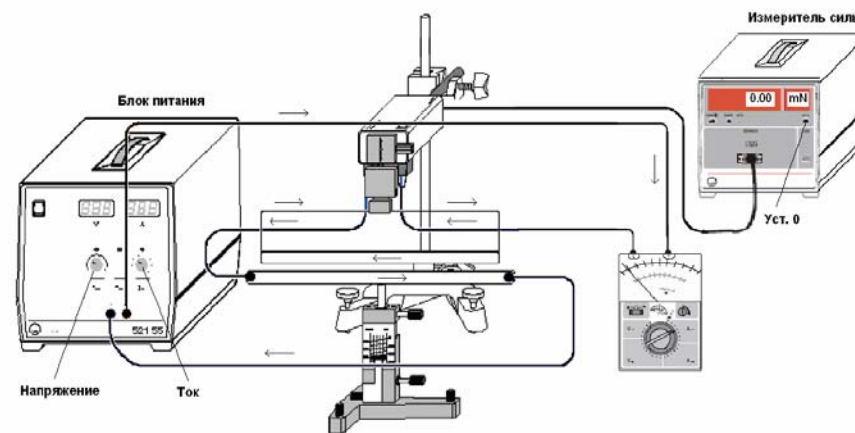


Рис. 2

Конструкция проводников такова, что при их соприкосновении расстояние между центрами проводников составляет 2 мм. Подставка, в которой закреплен нижний проводник, имеет регулируемые опоры для

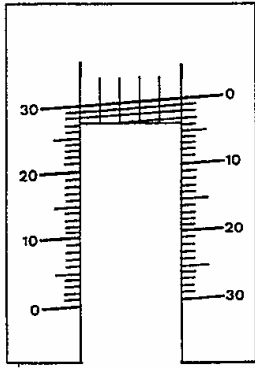


Рис. 3

выравнивания оси проводника и прецизионное устройство, перемещающее шток подставки вверх/вниз. Подставка снабжена шкалой (рис. 3), позволяющей определить перемещение штока с погрешностью 0.2 мм. Целое число миллиметров отсчитывается по рискам слева/справа от указателя, а доли миллиметра – по пересечению наклонных рисок верхним краем указателя. Для примера: при отсчете по левой шкале приведенное на рис. 3 положение указателя соответствует 27.4 мм.

### Выполнение работы

- 1) Собрать/проверить электрическую схему установки согласно рис. 2.
- 2) Используя регулировочные винты в основании подставки нижнего проводника установить проводники строго параллельно друг другу.
- 3) Включить блок измерителя силы. Прогреть его и установить на 0.
- 4) Вращая регулировочный винт, поднять нижний проводник до соприкосновения с верхним. Момент соприкосновения можно зафиксировать по изменению показаний измерителя силы.
- 5) Произвести отсчет по шкале подставки и занести результат в лабораторный журнал.
- 6) Отодвинуть нижний проводник на 2 мм (расстояние между центрами проводников будет при этом 4 мм).
- 7) Вывести ручки, регулирующие ток и напряжение против часовой стрелки до упора и включить блок питания.
- 8) Повернуть ручку, регулиющую напряжение, по часовой стрелки так, чтобы указатель на ручке был направлен горизонтально влево.
- 9) Увеличивая ток от 2 до 20 А с шагом 2 А записать в таблицу в лабораторном журнале значения тока и действующей на верхний проводник силы. **При токе более 10 А нельзя пропускать ток через проводники дольше 2 мин! После достижения значения тока 20 А сразу же уменьшить ток до 0.**
- 10) Повторить п. 9 еще два раза.

- 11) Установить ток через проводники равным 15 А и провести измерение зависимости силы, действующей на верхний проводник от расстояния между осями проводников с шагом 1 мм.
- 12) Повторить п. 11 еще два раза.
- 13) Выключить приборы.
- 14) Найти средние значения измеренных в п.п. 9-11 величин и их погрешности.
- 15) Построить график экспериментальной зависимости силы, действующей на единицу длины проводника, от величины тока. Нанести на этот же график теоретическую зависимость  $f(I)$  (6).
- 16) Построить график экспериментальной зависимости силы, действующей на единицу длины проводника, от расстояния между осями проводников. Нанести на этот же график теоретическую зависимость  $f(b)$  (6).

При сравнении теории с экспериментом следует иметь в виду, что нижний проводник всего на 4 см длиннее верхнего, и потому отличие поля на краях этого проводника от поля, создаваемого бесконечно длинным проводником, может влиять на результат. Кроме того, на результат могут влиять силы, действующие на рамку из подводящих проводов, на которой подвешен верхний проводник.

### Литература

1. И.В.Савельев. Курс общей физики, т.2. Наука, М. 1988.

### Контрольные вопросы

1. Как определена в системе СИ единица тока?
2. Поскольку ток в проводниках обеспечивается движением электронов, действует ли между проводниками кроме силы Ампера еще и сила электростатического отталкивания, обусловленная этими электронами?
3. Как изменится результат опыта, если поменять местами концы проводов, присоединенных к нижнему проводнику?
4. Как изменится результат опыта если поменять местами провода на выходе из блока питания?