

### ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТА

- Определение направления силы Лоренца.
- Измерение зависимости силы от тока.
- Измерение зависимости силы от эффективной длины проводника.
- Измерение зависимости силы от расстояния между полюсными наконечниками постоянного магнита.

### ЦЕЛЬ ОПЫТА

Измерение силы, действующей на проводник с током в магнитном поле

### КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ

В этом опыте измеряется сила Лоренца, действующая на медный стержень с током, подвешенный в горизонтальном положении на паре вертикальных проводов (подобно качелям) и помещенный в магнитное поле. При включении тока «качели» отклоняются от вертикального положения, и силу Лоренца можно рассчитать по углу отклонения. Ток, протекающий в стержне, напряженность магнитного поля и эффективную длину проводника в магнитном поле можно изменять и измерять получаемые результаты.

### НЕОБХОДИМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Кол-во	Наименование	№ по каталогу
1	Комплект оборудования для опытов по электромагнетизму	U10371
1	Постоянный магнит с регулируемым расстоянием между полюсами	U10370
1	Источник питания постоянного тока, 0–20 В, 0–5 А (230 В, 50/60 Гц)	U33020-230 или
	Источник питания постоянного тока, 0–20 В, 0–5 А (115 В, 50/60 Гц)	U33020-115
1	Пара безопасных соединительных проводов для опытов длиной 75 см, красный/синий	U13816

### ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ

Электроны, движущиеся в магнитном поле, отклоняются в направлении, перпендикулярном силовым линиям магнитного поля, а также перпендикулярном направлению движения. Однако отклоняющую силу, действующую на один электрон – силу Лоренца – нелегко измерить на практике, так как она очень мала, даже в случае электрона, который движется очень быстро в очень сильном магнитном поле. Иная ситуация имеет место, когда проводник с током помещается в однородное магнитное поле. В проводнике имеется большое количество носителей заряда, которые движутся с одной и той же скоростью дрейфа  $v$ . На проводник действует сила, которая является результатом сложения составляющих силы Лоренца, действующих на все отдельные носители заряда.

В прямолинейном проводнике длиной  $L$  и площадью поперечного сечения  $A$  общее количество электронов равно:

$$(1) \quad N = n \cdot A \cdot L$$

$n$ : количество электронов в единице объема

Если электроны движутся со скоростью дрейфа  $v$  в направлении длины проводника, ток  $I$  в проводнике выражается следующим образом:

$$(2) \quad I = n \cdot e \cdot A \cdot v$$

$e$ : элементарный заряд электрона.

Если проводник находится в магнитном поле с плотностью потока  $B$ , совокупная сила Лоренца, действующая на все «дрейфующие» электроны, выражается следующим образом:

$$(3) \quad F = N \cdot e \cdot v \times B$$

Если ось проводника перпендикулярна направлению магнитного поля, выражение (3) можно упростить следующим образом:

$$(4) \quad F = I \cdot B \cdot L$$

Тогда сила  $F$  перпендикулярна оси проводника и направлению силовых линий магнитного поля.

В этом опыте измеряется сила Лоренца  $F$ , действующая на медный стержень с током, подвешенный в горизонтальном положении на паре вертикальных проводов (подобно качелям) и помещенный в магнитное поле (см. рис. 1). Когда включается ток, «качели» отклоняются на угол  $\varphi$  от вертикального положения под действием силы Лоренца  $F$ , которую можно рассчитать из уравнения (5).

$$(5) \quad F = m \cdot g \cdot \tan \varphi$$

$m = 6,23$  г, масса медного стержня.

Магнитное поле  $B$  создается постоянным магнитом и может изменяться путем изменения расстояния  $d$  между полюсными наконечниками магнита. Можно также поворачивать полюсные наконечники на  $90^\circ$ , изменяя таким образом ширину  $b$  в направлении проводника и, следовательно, эффективную длину  $L$  проводника, т. е. ту его часть, которая находится в магнитном поле. Эта эффективная длина  $L$  несколько больше, чем ширина  $b$  между полюсными наконечниками, так как магнитное поле «выступает», образуя неоднородную область за краями полюсных наконечников. Протяженность этой неоднородной части поля возрастает с увеличением расстояния  $d$  между полюсными наконечниками. Хорошим приближением является следующее:

$$(6) \quad L = b + d$$

### ОЦЕНОЧНЫЙ РАСЧЕТ

Угол  $\varphi$  можно определить по длине маятника  $s$  (длине проводов, на которых подвешен медный стержень) и горизонтальному отклонению медного стержня  $x$ :

$$\frac{x}{\sqrt{s^2 - x^2}} = \tan \varphi$$

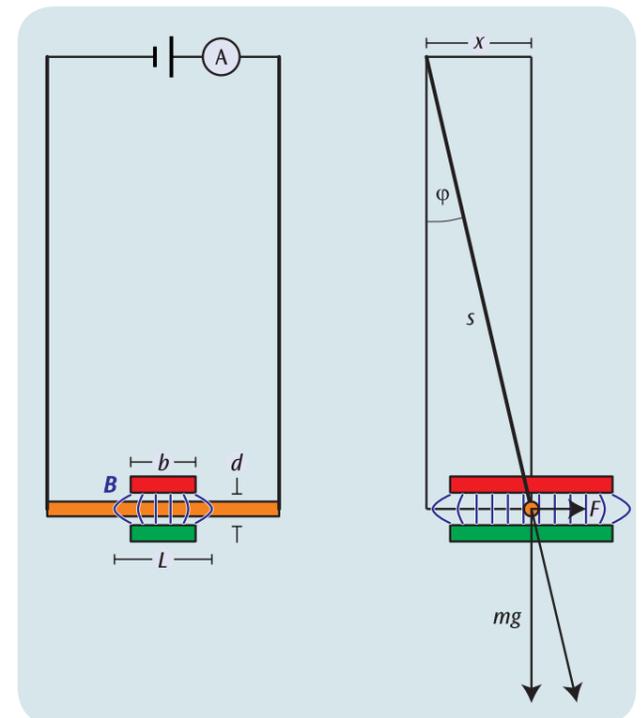


Рис. 1: Установка для постановки опыта, вид сбоку и сверху

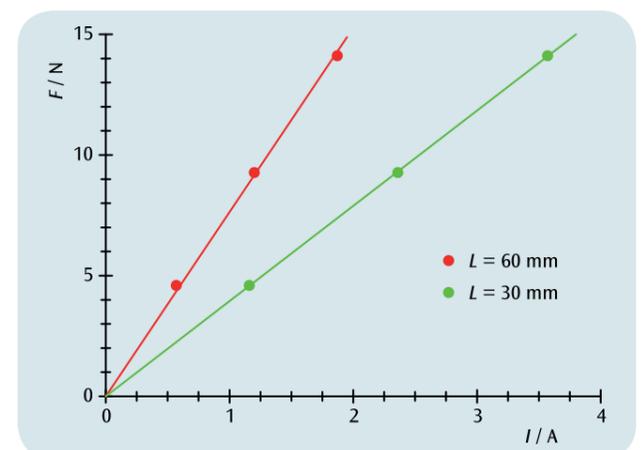


Рис. 2: Зависимость силы, действующей на проводник с током, от силы тока  $I$  при двух различных эффективных длинах проводника  $L$ . Наклоны прямых линий, проходящих через начало координат, пропорциональны  $L$ .