

# ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ СОЛЕНОИДА

Выполнил студент гр. \_\_\_\_\_

Ф.И.О. \_\_\_\_\_

Подпись преподавателя \_\_\_\_\_

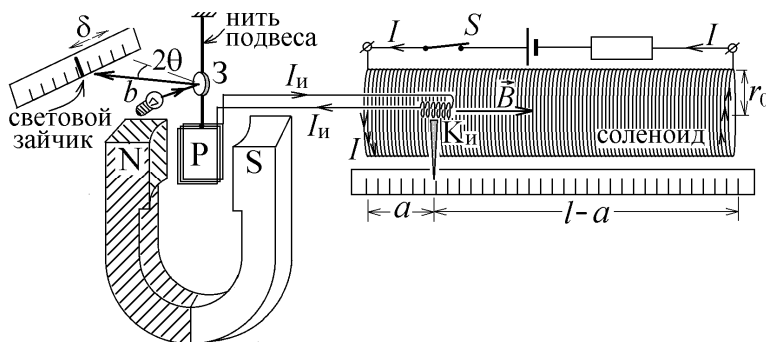
дата \_\_\_\_\_

(обязательна после окончания эксперимента)

**Цель работы:** экспериментальное определение значений магнитной индукции на оси соленоида и сравнение их с расчетными значениями.

## Описание установки

Измерительная катушка  $K_{\text{и}}$  может двигаться внутри исследуемого соленоида. При замыкании кнопки  $S$  по виткам соленоида начинает течь ток  $I$ , создающий магнитное поле  $B$  и, на короткое время, индукционный ток  $I_{\text{и}}$  в измерительной катушке. Этот ток протекает по виткам рамки  $P$ , находящейся в поле постоянного магнита. Создаётся момент сил, поворачивающий рамку с током в магнитном поле. Вместе с рамкой такого баллистического гальванометра поворачивается зеркальце  $З$ , закрепленное на общей нити подвеса. Угол поворота рамки и зеркальца пропорционален заряду  $q$ , протекшему по цепи измерительной катушки. Луч света, отражающийся от зеркальца  $З$ , создаёт световой “зайчик” на шкале линейки. При повороте рамки “зайчик” смещается на расстояние  $\delta$ , пропорциональное заряду  $q$  и индукции магнитного поля в месте нахождения измерительной катушки.



## Порядок выполнения работы

1. Ознакомьтесь с установкой и включите ее в сеть (220 В).  
2. Ручкой на установке поместите измерительную катушку  $K_{\text{и}}$  у одного из концов соленоида, определив ее положение  $a$  (расстояние от края соленоида до точки, в которой определяется значение индукции  $B$ ) с помощью указателя на линейке.

3. Нажмите на кнопку  $S$  и измерьте отклонение светового зайчика  $\delta$  по шкале гальванометра. Не отпуская кнопку, определите силу тока в соленоиде по миллиамперметру.

4. Такие же измерения расстояния  $a$  и отклонения зайчика  $\delta$  проделайте для других положений катушки  $K_{\text{и}}$ , перемещая ее каждый раз на 1 см вдоль оси соленоида до упора. Занесите данные в таблицу.

5. По формуле (121) найдите экспериментальные значения магнитной индукции, воспользовавшись значением  $k$ , указанным на установке.

4. Такие же измерения расстояния  $a$  и отклонения зайчика  $\delta$  проделайте для других положений катушки  $K_{\text{и}}$ , перемещая ее каждый раз на 1 см вдоль оси соленоида до упора. Занесите данные в таблицу.

$a$ , м	$\delta$ , дел	$B_{\text{эксп}}$ , Тл	$\cos\beta_1$	$\cos\beta_2$	$B_{\text{теор}}$ , Тл
$N =$ витков; $l =$ м; $k =$ Тл/дел; $I =$ А.					

5. По формуле  $B_{\text{эксп}} = k\delta$  найдите экспериментальные значения магнитной индукции, воспользовавшись значением  $k$ , указанным на установке.

6. Для тех же значений  $a$  рассчитайте теоретически вычисленные значения индукции магнитного поля по формуле

$$B_{\text{теор}} = \frac{\mu_0 NI}{2l} (\cos \beta_1 + \cos \beta_2), \quad \text{где}$$

$$\cos \beta_1 = \frac{a}{\sqrt{r_0^2 + a^2}}, \quad \cos \beta_2 = \frac{l-a}{\sqrt{r_0^2 + (l-a)^2}}.$$

Данные вычислений занести в таблицу.

Значения  $N$  и  $l$  даны на установке.

8. По значениям  $B_{\text{эксп}}$ , определенным на опыте, и  $B_{\text{теор}}$ , вычисленным теоретически, постройте графики  $B_{\text{эксп}} = f_1(a)$  и  $B_{\text{теор}} = f_2(a)$  в одних координатных осях (на одном листе). Сравните эти графики.

### Контрольные вопросы

#### к лабораторной работе № 27

1. Нарисуйте линии индукции магнитного поля, созданного током, текущим по виткам катушки-соленоида с учетом направления этого тока. Будут ли эти линии замкнутыми и почему?
2. Сформулируйте теорему о циркуляции вектора магнитной индукции и с её помощью определите величину индукции магнитного поля внутри бесконечно длинного соленоида с током  $I$ , у которого на длину  $l$  приходится  $N$  витков.
3. Сформулируйте закон Био-Савара, и с его помощью получите выражение величины индукции магнитного поля на оси кругового витка с током.
4. Сделайте вывод расчетной формулы для величины индукции магнитного поля на оси соленоида конечной длины  $l$  с радиусом витков  $r$  (этот вывод можно найти в указанном ниже пособии [2]).
5. Найдите величину отношения индукции магнитного поля в центре соленоида (при  $a = l/2$ ) и на его краях (при  $a = 0$  или  $l$ ). Совпадает ли эта величина с той, что следует из построенного графика?
6. Объясните принцип работы баллистического гальванометра, используемого в данной работе.
7. В чем состоит явление электромагнитной индукции? Сформулируйте закон Фарадея для определения ЭДС электромагнитной индукции и с его помощью объясните, почему заряд, протекающий по измерительной катушке, пропорционален величине индукции магнитного поля, в которую её вносят. Почему размер измерительной катушки должен быть малым?
8. Почему при включении тока в соленоиде поворачивается зеркальце, создающее световой “зайчик”? Почему вращающий зеркальце момент сил пропорционален измеряемой индукции магнитного поля?
9. Почему световой “зайчик” сразу же возвращается в исходное положение, если нажать кнопку включения тока в соленоиде и не отпускать её?
10. Сделайте вывод формулы зависимости смещения  $\delta$  “зайчика” от величины индукции  $B$ . От каких параметров установки зависит коэффициент пропорциональности  $k$  между этими величинами?
11. Почему баллистические гальванометры, измеряющие величину тока по величине протекающего заряда более точны, чем обычные амперметры?

Изучаемый в работе материал можно найти в следующих учебных пособиях:

1. Савельев И.В. Курс физики в 3-х тт.: Т. 2: Электричество - М.: Наука, 1970.- §§ 39-42, 48, 55-57, 59, 62.
2. Колмаков, Ю.Н. Кажарская С.Е. Физика. Электромагнетизм: руководство к проведению самостоятельной работы студентов. Изд-во ТулГУ, 2017, стр. 90-95.