

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**имени М. В. Ломоносова**

---

**Физический факультет  
кафедра общей физики и физики конденсированного состояния**

**Методическая разработка  
по общему физическому практикуму**

**Лаб. работа № 59**

**ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ  
СОЛЕНОИДА**

**Описание составили  
ст. преп. Овчинникова Т.Л., доцент Попов Ю.Ф.**

**Москва - 2012**

Подготовил методическое пособие к изданию доц. Авксентьев Ю.И.

# ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ СОЛЕНОИДА

## Упражнение 1 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ СОЛЕНОИДА

Вынуть плоский датчик ЭМИ  $D_2$  (см. задачу 57, рис. 8, позиция 8) из зазора между соленоидами. Установить датчик ЭМИ  $D_1$  на параллельный рейтер (направленный вдоль оси соленоидов) (рис. 1 а). Развернуть катушку датчика так, чтобы её ось совпала с осью соленоидов ( $0^\circ$  на лимбе). Освободить стопорный винт (6), установить расстояние между вертикальной осью датчика  $D_1$  и вертикальной стойкой равным 135, как показано на рис. 1а, и зафиксировать это положение

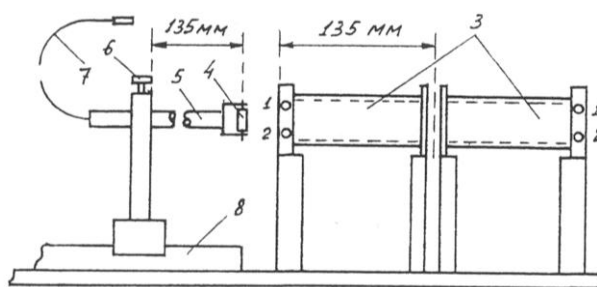


Рис. 1 а) Измерение магнитной индукции соленоида: расположение датчика ЭМИ  $D_1$  и соленоидов  $L$ .

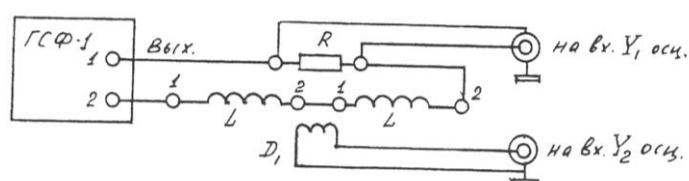


Рис. 1 б) схема включения: 1, 2 - клеммы подключения соленоидов; 3 - соленоиды  $L$ ; 4 - датчик ЭМИ  $D_1$ ; 5 - горизонтальная штанга; 6 - стопорный винт; 7 - коаксиальный кабель датчика; 8 - параллельный рейтер. Параметры соленоидов: число витков  $N = 422$ , длина обмотки  $l = 120$  мм, диаметр  $D = 52$  мм. Расстояние от внешнего края левого соленоида до середины зазора между соленоидами равно 135 мм.

горизонтальной штанги стопорным винтом (6). Вдвинуть датчик  $D_1$  в соленоиды до упора с вертикальной стойкой, при этом датчик окажется в зазоре между соленоидами. Собрать схему, как показано на рис. 1 б. Клемму 2 левого соленоида соединить с клеммой 1 правого соленоида. Только в этом случае оба соленоида будут создавать магнитную индукцию одного направления. В узлах схемы использовать провода с комбинированными

штекерами (с гнёздами). Напряжение резистора  $R$  посредством коаксиального кабеля (белого) подать на разъём входа первого канала осциллографа  $Y_1$ . Кабель с датчика ЭМИ  $D_1$  (синий) подключить на разъём входа второго канала  $Y_2$ . Включить генератор и осциллограф и дать им прогреться 2-3 минуты.

Задать частоту генератора (см. задачу 57, п. 9) близкой к одному из значений  $n \approx 100 \text{ Гц}$  ( $n=1,2,3,\dots,9,10$ ) (соответственно скорректировать длительность развертки по  $x$ ). Плавной регулировкой выходного напряжения генератора установить на первом канале осциллографа величину  $\Delta U_1$ , равную 3-4 делениям шкалы экрана.

Записать значения

$$\Delta U_1 = n \text{ дел} \times 100 \text{ мВ} = \dots \text{ мВ}; \quad \nu = \dots \text{ Гц}.$$

Измерить на втором канале ЭДС индукции  $\Delta U_2$  используя методику, описанную в задаче 57 п. 9 (рис. 12,б) и занести результат в табл. 1. При последующих измерениях выдвигать датчик из соленоидов с шагом 2 см, занося измеренные значения  $\Delta U_2$  в таблицу. Так как два соленоида, включенные последовательно моделируют достаточно протяжённый соленоид, то параметр  $x$  отсчитывается от центра соленоида.

Таблица 1.

N	$x$ , см	$n$ , дел	Масштаб, мВ/дел	$\varepsilon_m = \frac{\Delta U_2}{2}$ , мВ	$B_{\text{экс}}$ , Гс
1	0	$n_1$	100		
2	2	$n_2$	...		
3	4	$n_3$	...		
...	...	...			
11	20	...			

Отсоединить от схемы (рис. 1б) правый соленоид и повторить измерения  $\Delta U_2(x)$ ; результаты занести в табл. 2 (аналогичную табл. 1).

Амплитудные значения тока в соленоидах  $I_m$  и ЭДС индукции  $\varepsilon_m$  равны  $I_m = \frac{\Delta U_1}{2R}$  и  $\varepsilon_m = \frac{\Delta U_2}{2}$  соответственно. Экспериментальные значения магнитной индукции соленоидов  $B_{\text{экс}}$  вычисляются по формуле (25) (см. задачу 57, п. 7). Параметры датчика ЭМИ: диаметр  $d = 18 \text{ мм}$ , число витков  $N_1 = 250$ . Результат расчётов  $B_{\text{экс}}$  представить в гауссах и занести в таблицы.

## Упражнение 2

### РАСЧЕТ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ СОЛЕНОИДА

Амплитудное значение тока в соленоидах равно  $I_m = \frac{\Delta U_1}{2R}$ , длина соленоидов  $l = 120$  мм, число витков в каждом  $N = 422$ . Число витков на единицу длины

$$n = \frac{N}{l} = \frac{422}{0,12} = \frac{844}{0,24} = 3517 \text{ витков/м.}$$

По формуле  $B = \mu_0 n I$  рассчитать теоретическое значение магнитной индукции соленоида  $B_{теор}$ . Результат представить в гауссах. Построить на одном графике зависимости  $B_{экс}(x)$  и  $B_{теор}(x)$ . По максимальному значению  $B_{экс}$  и значению  $B_{теор}$  рассчитать коэффициенты

$$K_{теор} = \frac{B_{теор}}{I_m} = \dots \frac{Гс}{а}; \quad K_{экс} = \frac{B_{экс}}{I_m} = \dots \frac{Гс}{а}.$$

Сравнить экспериментальные и теоретические значения магнитной индукции соленоидов и объяснить различие между ними.

#### Контрольные вопросы

1. Закон Био-Саввара и магнитная индукция прямолинейного тока.
2. Закон Био-Саввара и магнитная индукция кругового тока.
3. Циркуляция вектора магнитной индукции и магнитное поле соленоида.
4. Нарисовать силовые линии магнитной индукции двух:  
а) параллельных токов (токи в одном направлении);  
б) антипараллельных токов (токи в противоположных направлениях).
5. Два длинных прямолинейных проводника с током  $I$  соединены под прямым углом элементом окружности радиуса  $R$  из проводника. Чему равна магнитная индукция в центре закругления.
6. Квадратный контур из проводника с током  $I$  создаёт в центре магнитную индукцию  $B_1$ . Сторона квадрата равна  $l$ . Как изменится магнитная индукция в центре контура, если его превратить в окружность без изменения длины?

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Савельев И.В. Курс общей физики. Т. 2. М.: Наука, 1970, гл. VI.  
Магнитное поле в вакууме. §§ 38-42.
2. Белов Д.В. Электромагнетизм и волновая оптика. М.: Изд-во МГУ, 1994.  
Гл. III. § 7.