

Р3333. ИЗМЕРЕНИЕ СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩЕЙ НА ПРОВОДНИК С ТОКОМ В ОДНОРОДНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ СОЛЕНОИДА

Цель работы:

Проверка справедливости формулы силы, действующей на проводник с током в однородном магнитном поле, – силы Ампера:

$$F = I \cdot l \cdot B.$$

Решаемые задачи:

- 1) Снятие зависимости силы, действующей на проводник с током в однородном магнитном поле соленоида
 - от силы тока, текущего по проводнику и
 - от силы тока, текущего по соленоиду и
 - от длины проводника (по рекомендации преподавателя).
- 2) Расчет индукции магнитного поля в центре соленоида на основе выполненного эксперимента и сравнение с теоретическим значением.

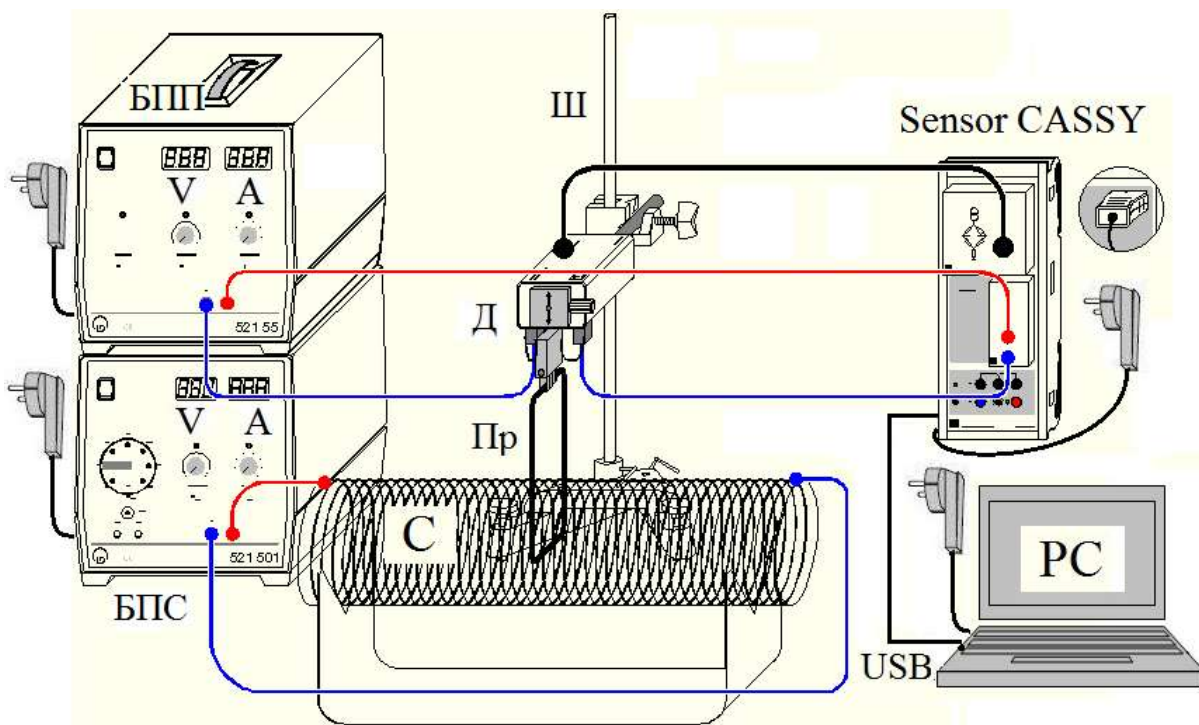


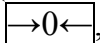
Схема измерительной установки

Оборудование:

1. Соленоид – С,

2. Измерительный прибор «Sensor CASSY»,
3. Датчик силы «Force Sensor S, ± 1 N 524060» – Д,
4. Штатив с держателем для крепления датчика силы – Ш,
5. Блок питания соленоида (БПС),
6. Блок питания проводника (БПП).
7. Проводник – Пр,
8. Компьютер PC с встроенной программой «CASSY Lab 2».

Подготовка установки к работе

1. Проверить соответствие монтажа установки приведенной схеме.
2. Проверить, находится ли нижний горизонтальный участок проводника в средней части соленоида и не касается ли проводник стенок зазора в соленоиде. Если нужно, поправить.
3. Подключить к сети ≈ 220 В источники питания БПС и БПП, компьютер PC и «Sensor-CASSY».
4. Установить на источнике питания БПС переключатель напряжения на указатель 6 В.
5. Установить ручку плавной регулировки напряжения “V” на источнике питания БПП в крайнее правое положение.
6. Установить ручки регулировки силы тока “A” на обоих источниках питания БПЭ и БПП в крайнее левое положение, то есть, на указатель «0».
7. Получить допуск к выполнению работы у инженера лаборатории!!!
8. Включить пакетный выключатель, расположенный на стенде.
9. Включить компьютер PC.
10. Запустить программу "Cassy Lab 2" при помощи ярлыка, расположенного на "Рабочем столе" PC.
11. Открыть файл "D:\Эксперименты\Р3333.labx".
12. Закрыть иконкой "Close" окно "CASSYs".
13. Выполнить установку «нуля» датчика силы "Force Sensor". Для этого вначале в меню "Window" открыть окно "Show Measuring Parameters" (Показать измеряемые параметры).
14. Далее в окне "Settings" (Установки) активировать последовательно иконки "Sensor-CASSY2" – "Input A₁ (Force sensor S. ± 1 N.524060)" – "Force F_{A1}".
15. Активировать иконку , расположенную в нижней половине этого окна.
16. Нажать клавишу "F9" на клавиатуре PC, чтобы проверить успешность установки «нуля».
17. В таблице с заглавием "Standard", расположенной в левой части экрана PC, должно появиться значение результата тестового измерения F_{A1}, близкое к нулю с точностью до ± 2 mN (± 2 мН).
18. Если ноль не устанавливается, следует обновить программу измерений прибора «Sensor-CASSY».
19. Для этого активировать в правой части окна программы «CASSY Lab 2» последовательно меню “Sensor-CASSY2” и “Update CASSY Module”.

20. Далее повторить все операции, описанные в п.п. 15 – 18 по установке «нуля».
21. После успешной установки нуля "Force F_{A1} " удалить все записи в колонках F_{A1} и I_{B1} меню "Standard".

Указания по удалению избыточных результатов

- Для удаления результата последнего измерения нажать клавиши PC "Alt" и "l".
- Для удаления последней серии отсчетов следует активировать команды меню "Measurement" – "Delete Current Measurement Series".
- Для удаления последней аппроксимации следует активировать команды меню "Diagram" – "Delete Last Evaluation".
- Для удаления всех аппроксимаций следует активировать команды меню "Diagram" – "Delete All Evaluations".

Внимание!

- Во избежание перегрева соленоида и проводника все измерения должны проводиться быстро (в течение 1 – 2 минут) и после завершения измерений следует немедленно обесточить установку.

Измерения

1. Измерить линейкой длину « s » горизонтального участка проводника (в метрах), находящегося в зазоре соленоида.
2. Вставить численное значение длины проводника в формулу расчета индукции магнитного поля соленоида. Для этого в меню "Settings" активировать последовательно опции "Calculator" – "Formula" и в формуле "Intensity – $B_1 = F_{A1}/I_{B1}/0.04$ " число 0.04 (или любое другое число, стоящее на этом месте) заменить численным значением длины « s ».
3. Включить оба источника тока БПС и БПП.
4. Выставить при помощи ручки "A" на БПС значение силы тока соленоида

$$I_C = I_{A1} = 5 \text{ A} \pm 0,1 \text{ A}.$$
5. Выставить при помощи ручки "A" на БПП значение силы тока проводника

$$I_{\Pi} = I_{B1} = 1 \text{ A} \pm 0,1 \text{ A}.$$
6. Подождать 2 – 3 секунды и снять отсчет измеренных значений силы Ампера F_{A1} и силы тока в проводнике $I_{\Pi} = I_{B1}$, нажав на клавишу "F9".
7. В дальнейшем повторить такие измерения, увеличивая силу тока в проводнике с шагом $\Delta I_{B1} = 3 \text{ A} \pm 1 \text{ A}$ вплоть до значения $I_{\Pi} = I_{B1} = 20 \text{ A}$, и после выполнения последнего измерения немедленно вывести регуляторы силы тока БПП в крайнее левое положение, где $I_{\Pi} = I_{B1} = 0 \text{ A}$. Во избежание перегрева проводника измерения выполнять быстро (в течение времени не более 1 – 2 минут).
8. Провести интерполяцию (аппроксимацию) экспериментальных точек. Для этого активировать последовательно заголовки меню "Diagram" – "Fit Function" – "Best Fit".

- "Straight Line" и курсором мышки соединить на дисплее все экспериментальные точки, начиная от первой и заканчивая последней точкой зависимости $F_{A1} = f(I_{B1})$.
9. Снять отсчет среднего значения отношения F_{A1} / I_{B1} , который появляется под таблицей результатов измерения "Standard" и обозначается буквой «A» ($A = F_{A1} / I_{B1}$).
 10. Подготовить установку для новой серии измерений. Для этого активировать последовательно строки меню "Measurement" (Измерение) и "Append new Measurement Series" (Показать новый ряд измерений).
 11. Повторить действия, описанные в п.п. 4 – 10 для значения силы тока соленоида $I_C = I_{A1} = 4 \text{ А}$ и 3 А .
 12. Обесточить источники тока БПС и БПП.
 13. Скопировать графики, изображенные на дисплее РС, на внешний модуль памяти и представить их в качестве отчета по работе и объяснить отличительные особенности этих графиков.
 14. Вычислить экспериментальное значение индукции магнитного поля в центре соленоида по формуле $B = F_{A1} / I_{B1} / s$ и теоретическое значение, полученное по приближенной формуле $B = \mu_0 \cdot N \cdot I_C / l$, где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$ – магнитная постоянная, I_C – сила тока в соленоиде, N – число витков соленоида и l – длина соленоида. Сравнить результаты и объяснить различия, если таковые имеются.

Дополнение

- По рекомендации преподавателя студент может повторить выполнение этой работы с другими проводниками и изучить зависимость силы Ампера от длины проводника.

Контрольные вопросы

1. Магнитное поле постоянного тока. Вектор магнитной индукции. Закон Био-Савара-Лапласа. Магнитное поле соленоида, индуктивность соленоида.
2. Силовые линии магнитного поля. Магнитный поток. Закон Ампера. Сила Ампера. Сила Лоренца.
3. Однородное магнитное поле и способы его получения. Единицы измерения магнитных физических величин.

Литература

1. Сивухин Д. В. Общий курс физики. Т. 3. Электричество. – М.: Физматлит-МФТИ, 2002.
2. Савельев И. В. Курс общей физики. Кн. 2. – М.: Апрель – АСТ, 2003.
3. Иродов И. Е. Электромагнетизм. Основные законы. – М.-СПб.: Физматлит, 2000.
4. Чертов А. Г. Международная система единиц измерений. – М.: Высшая школа, 1977.
5. Матвеев А. Н. Электричество и магнетизм. – М.: Высшая школа, 1977.
6. Лабораторные работы общего физического практикума. Электричество и магнетизм. – Казань: КГУ, 2006.