РАЗДЕЛ III. ФИЗИКА

Волкова М.Г., Рыбникова Е.В.

Организация лабораторных работ по физике с применением цифровой лаборатории

ФГКВОУ ВО «Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны» Минобороны России
(Россия, Ярославль)

doi: 10.18411/lj-07-2020-18

idsp: ljjournal-07-2020-18

Аннотация

Рассматривается методика проведения лабораторной работы по физике без методических рекомендаций по ее выполнению. Акцент делается на обсуждение курсантами на установочной части лабораторного занятия и совместной выработке стратегии выполнения работы.

Ключевые слова: тангенс-буссоль, анализ данных, методика, лабораторная установка, стратегия эксперимента.

Abstract

The method of conducting laboratory work in physics without methodological recommendations for its implementation is considered. The emphasis is on the discussion of cadets at the installation part of the laboratory session and the joint development of a strategy for the implementation of the work.

Keywords: the tangent-compass, data analysis, methods, laboratory setup, the strategy of the experiment.

Лабораторная работа «Определение горизонтальной составляющей индукции магнитного поля Земли» является одной из списка классического физического практикума курса «Электричество и магнетизм». Поэтому мы не будем останавливаться на содержательной стороне, а рассмотрим интересную, на наш взгляд, методику фронтального проведения работы. Кроме того, в нашем вузе данную лабораторную работу мы проводим в двух вариантах – на реальных установках и с применением цифровой лаборатории. Основным принципом методики проведения является отсутствие прямых методических указаний для ее выполнения. В данном случае акцент переносится на аналитические размышления курсантов в процессе выстраивания стратегии проведения измерений и достижения цели лабораторной работы. Рассмотрим последовательно структуру проведения фронтальной работы:

1. Формулируя цель работы, мы не просто определяем ее, как изучение магнитного поля кругового тока, определение горизонтальной составляющей магнитного поля Земли, а делаем акцент на формировании практических навыков курсантов, в данном случае, целью работы является практическое освоение метода измерения горизонтальной составляющей индукции магнитного поля Земли с помощью тангенс-буссоли.

2. Представляем курсантам основной прибор, с помощью которого проводятся измерения – тангенс-буссоль (Рисунок 1).

Рисунок 1. Принципиальная схема тангенс-буссоли

Курсантам предлагаем рассмотреть данный прибор (рисунок 1), который состоит из следующих элементов: 1 – деревянное кольцо, 2 – витки проволоки, 3 – буссоль, 4 – магнитная стрелка, 5 – указатель. Далее предлагаем курсантам самим высказать идеи, каким образом мы можем использовать его для достижения цели лабораторной работы. При этом все предложения сначала фиксируем на доске (или в презентации) и лишь в процессе обсуждения выделяем значимые и откидываем второстепенные идеи, не ведущие к решению проблемы (Рисунок 2).

1. Магнитная стрелка компаса устанавливается в магнитном поле Земли
2. Можно изменять ориентацию плоскости витков тангенс-буссоли
3. По виткам можно пропустить ток
4. Все витки намотаны в одном направлении
5. Если по виткам пропустить электрический ток, вокруг возникнет магнитное поле
6. Магнитное поле кругового тока в центре витков можно вычислить, используя закон Био-Савара-Лапласа (по параметрам контура и силы тока)
7. Магнитное поле кругового тока должно влиять на магнитную стрелку компаса
8. Тогда результирующее поле будет складываться из магнитного поля Земли (его горизонтальной составляющей) и магнитного поля кругового тока
9. Результирующее поле можем вычислить по принципу суперпозиции магнитных полей
10. Зная магнитное поле кругового тока и угол отклонения магнитной стрелки компаса, можно рассчитать горизонтальную составляющую магнитного поля Земли

Рисунок 2. Фиксация идей курсантов

3. На следующем этапе предлагаем курсантам рассмотреть полную схему лабораторной установки и спланировать ход работы (Рисунок 3).

Рисунок 3. Схема лабораторной установки

Как и в предыдущем этапе, курсанты, эмпирически взаимодействуя с установкой, делают предположения о дальнейшем ходе работы. В состав установки входят тангенс-буссоль, реостат, двухполюсный переключатель, источник постоянного тока, амперметр. Тангенс-буссоль (ТБ) состоит из плоской катушки с некоторым числом витков N большого радиуса r . Плоскость витков расположена вертикально, и вращением около вертикальной оси ей можно придавать любую ориентацию. В центре круговых витков в горизонтальной плоскости расположен компас с короткой магнитной стрелкой. Сила тока в витках устанавливается реостатом R . При помощи двухполюсного переключателя S можно изменять направление тока. Ток, проходящий по круговому проводнику, измеряется с помощью амперметра A . В данной точке Земли свободная магнитная стрелка под действием горизонтальной составляющей вектора индукции магнитного поля устанавливается в плоскости магнитного меридиана.

Рисунок 4. Расположение результирующего вектора магнитной индукции

Если на стрелку подействовать магнитным полем, созданным вертикальной плоской катушкой с током тангенс-буссоли, плоскость которой расположена в плоскости магнитного меридиана, то под действием магнитного поля катушки она изменит первоначальную ориентировку и расположится под некоторым углом α к плоскости магнитного меридиана [2, с. 205-206]. Такое расположение магнитной стрелки под действием двух взаимно перпендикулярных магнитных полей показано на рисунке 4.

4. Графическая информация рисунка 4 приводит к необходимости рассмотрения математической обработки результатов эксперимента. Основными законами для вычисления горизонтальной составляющей магнитного поля Земли являются принцип суперпозиции магнитных полей и закон Био-Савара-Лапласа для кругового тока [1, с. 136-138].

$$B = B_0 \cdot \operatorname{tg} \alpha = \frac{\mu_0 I N}{2r} \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (1)$$

Согласно выражения (1), для опытного определения B необходимо по шкале тангенс-буссоли определять угол отклонения α магнитной стрелки при заданной силе

тока I в катушке прибора. Результаты измерений и расчетов заносятся курсантами в таблицу, и оценивается относительная погрешность результатов.

Таблица 1.

Результаты измерения лабораторной работы

ток	г, м	N, витков	I, А	α, град	tg α	В, Тл	В _{сред} , Тл	Е, %
прямой								
обратный								

5. Как мы уже говорили вначале, в некоторых случаях выполнения работы после рассмотрения реальной установки может проводиться с помощью цифровой лаборатории (Рисунок 5). При этом обращаем внимание, первоначальные этапы все проводим с использованием реальной установки. Все элементы установки реальной и цифровой совпадают. И курсантам, которым была представлена реальная установка, когда они сами видели влияние различного направления тока на магнитную стрелку, гораздо легче и понятнее работать с цифровой лабораторией. Уже не возникает вопросов, что за элементы цепи, как их переключать, какие данные я вижу на экране, как снять показания [3, с. 55-56].

Рисунок 5. Установка в цифровой лаборатории

Таким образом, мы стараемся формировать исследовательские умения курсантов самим планировать эксперимент, зная цель работы, основываясь на теоретических знаниях и наличии лабораторной установки.

1. Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике. – 8-е изд., испр. и перераб. – М.: Изд-во «Оникс», 2008 – С. 136-138.
2. Трофимова Т.И. Курс физики. – 20-е изд., стер. – М.: Изд-во «Академия», 2014 – С. 205-206.
3. Волкова М.Г. Групповая форма работы на занятиях по физике // Актуальные проблемы совершенствования высшего образования. Ярославль. – 2020. – С. 55–56.