

Лабораторная работа 2.28.

ИЗМЕРЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ВЕКТОРА ИНДУКЦИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ

Цель работы: определить значение горизонтальной составляющей индукции магнитного поля Земли с помощью тангенс - гальванометра.

Задание: провести серию измерений угла поворота стрелки тангенс – гальванометра в зависимости от тока через катушку и по этим данным рассчитать искомую величину.

Подготовка к выполнению лабораторной работы: изучить понятия индукции магнитного поля и магнитного момента, ознакомиться со структурой магнитного поля Земли и магнитного поля, создаваемого кольцевым током.

Библиографический список

1. Савельев И.В. Курс общей физики.- М.: Наука, 1988, т.2, §§39 – 44, 46 – 47.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики.- М.: Наука, 1983, т. 3, §§ 49 – 52.

Контрольные вопросы

1. Что такое горизонтальная составляющая вектора индукции магнитного поля Земли?
2. Как меняется угол отклонения магнитной стрелки α в зависимости от величины тока в витках катушки?
3. Какой вид имеет магнитное поле Земли?
4. Из каких двух основных частей состоит тангенс – гальванометр?
5. В чем цель данной работы?
6. Какие два магнитных поля действуют на магнитную стрелку, находящуюся в центре катушки с током?
7. Какова формула для расчета индукции магнитного поля в центре кругового тока?
8. Как направлен вектор магнитной индукции в центре кругового тока?

9. Каково расположение друг относительно друга магнитного поля катушки в тангенс – гальванометре и горизонтальной составляющей магнитного поля Земли?

Описание аппаратуры и метода измерений

Вокруг Земли существует магнитное поле, аналогичное полю, создаваемому магнитным диполем, ось которого составляет небольшой угол (около 12 градусов) с осью вращения Земли. Практическое значение при ориентировании с помощью компаса имеет горизонтальная составляющая магнитного поля B_H , которая максимальна вблизи экватора и убывает при приближении к магнитным полюсам.

Значение B_H может быть измерено с помощью так называемого тангенс – гальванометра (см. рис. 1), основой которого является плоская катушка, ось которой горизонтальна и устанавливается перпендикулярно магнитному меридиану. В центре катушки помещены магнитная стрелка и шкала для измерения угла ее отклонения.

При пропускании через катушку электрического тока в центре ее создается магнитное поле \vec{B}_k , перпендикулярное вектору \vec{B}_H . Магнитная стрелка ориентируется вдоль суммарного поля $\vec{B} = \vec{B}_H + \vec{B}_k$, что дает возможность, измерив угол ее отклонения α , выразить значение B_H через B_k (см. рис.1):

$$B_H = B_k / \operatorname{tg} \alpha \quad . \quad (1)$$

Используя формулу для магнитного поля в центре плоской катушки:

$$B_k = \frac{\mu_0 I N}{2R}, \quad (2)$$

где N – число витков в катушке, I – ток через катушку, R – радиус катушки, μ_0 – магнитная постоянная, приходим к окончательному результату:

$$B_{\Gamma} = \frac{\mu_0 N}{2R \operatorname{tg} \alpha} I. \quad (3)$$

Отметим, что на практике установить прибор так, чтобы ось катушки была строго перпендикулярна магнитному меридиану, не удастся. Для компенсации возникающей из-за этого ошибки следует проводить измерения при обоих направлениях тока в катушке и использовать в формуле (3) усредненное значение угла отклонения стрелки α . Следует также обратить внимание на то, что в используемом приборе ориентации стрелки вдоль магнитного меридиана ($\alpha = 0$) соответствует показание шкалы, равное 90 градусов. Это не должно привести к недоразумениям.

Порядок выполнения работы

Подключить тангенс – гальванометр к источнику питания и установить его так, чтобы ось катушки была перпендикулярна магнитному меридиану. При этом показание шкалы прибора равно 90 градусам.

Постепенно увеличивая ток I через катушку, провести серию измерений (не менее 5 экспериментальных точек) угла отклонения магнитной стрелки как функции тока при обоих его направлениях. В таблицу должны быть занесены следующие величины: ток через катушку и угол отклонения стрелки при противоположных направлениях тока; средний по двум направлениям тока угол отклонения стрелки α_{cp} , $\operatorname{tg} \alpha_{cp}$.

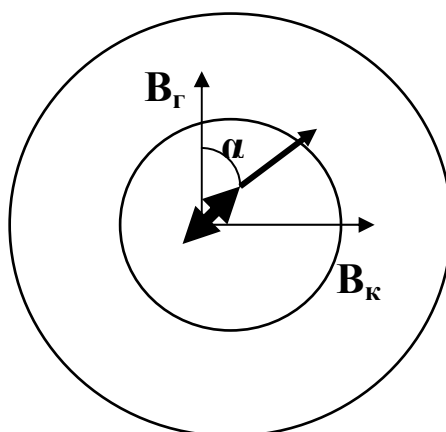


Рис.1

Обработка результатов измерений

На миллиметровке построить график зависимости $\operatorname{tg} \alpha_{cp}$ от I и убедиться в том, что точки ложатся вблизи прямой линии, проходящей через начало координат. Коэффициент a соответствующей линейной зависимости $\operatorname{tg} \alpha_{cp} = aI$ рассчитать методом наименьших квадратов:

$$a = \frac{\sum_i \operatorname{tg} \alpha_{cp,i} I_i}{\sum_i I_i^2}, \quad (4)$$

где суммирование производится по всем n экспериментальным точкам. Провести на графике прямую, соответствующую вычисленному значению коэффициента a . Рассчитать величину B_{Γ} по формуле (см. (3)):

$$B_{\Gamma} = \frac{\mu_0 N}{2R} \frac{1}{a}. \quad (5)$$

Погрешность величины B_{Γ} определяется при помощи выражения:

$$\frac{\Delta B_{\Gamma}}{B_{\Gamma}} = \frac{\Delta R}{R} + \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta(\operatorname{tg} \alpha_{cp})}{\operatorname{tg} \alpha_{cp}}, \quad (6)$$

в котором величина $\Delta(\operatorname{tg} \alpha_{cp})$ вычисляется по формуле:

$$\Delta(\operatorname{tg} \alpha_{cp}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\operatorname{tg} \alpha_{cp,i} - a I_i)^2}{n(n-1)}}. \quad (7)$$

Значения I и $\operatorname{tg} \alpha_{cp}$, фигурирующие в (6), берутся для одной из «типичных» экспериментальных точек (например, той, для которой угол отклонения стрелки наиболее близок к 45 градусам).

Ответ записать в виде:

$$B_{\Gamma} = (\text{значение } B_{\Gamma} \pm \Delta B_{\Gamma}) \times \text{порядок} \times \text{размерность}.$$