

РАБОТА 3-8

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ НАПРЯЖЕННОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ

Цель работы: теоретическое ознакомление со структурой магнитного поля Земли и измерение горизонтальной составляющей его напряженности.

Оборудование: тангенс-гальванометр, амперметр, реостат, источник постоянного тока, переключатель.

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ

Земля представляет собой огромный магнит, полюса которого лежат вблизи географических полюсов: вблизи северного географического полюса расположен южный магнитный S, а вблизи южного географического – северный магнитный N. **Магнитное поле Земли в первом приближении совпадает с магнитным полем диполя, помещенного в центре Земли (рис.1).** По последним гипотезам поле Земли связано с токами, циркулирующими по поверхности ядра Земли, а отчасти с намагниченностью горных пород и токами в радиационных поясах.

Магнитное поле Земли в любой точке земной поверхности характеризуется вектором напряженности поля \mathbf{H}_T и его составляющими в прямоугольной системе координат (рис.1). При этом ось x располагают в направлении географического меридиана, считая положительным направление к северу; ось y- по направлению параллели к востоку; ось z- вертикально вниз. Проекция \mathbf{H}_T на горизонтальную плоскость XY называется горизонтальной составляющей \mathbf{H} , проекция же на вертикальную ось – вертикальной составляющей \mathbf{Z} . Вертикальная плоскость ZON \mathbf{H}_T Z называется плоскостью магнитного меридиана. Угол между \mathbf{H} и осью x носит название магнитного склонения и обозначается буквой D, а угол между векторами \mathbf{H} и \mathbf{H}_T – магнитного наклона I. Составляющие вектора \mathbf{H} в горизонтальной плоскости X и Y называются соответственно северной и восточной. Все вышеуказанные элементы магнитного поля Земли подвержены непрерывным изменениям – как суточным, так и годовым.

Магнитное поле Земли на экваторе направлено горизонтально, а у магнитных полюсов – вертикально. В остальных точках земной поверхности магнитное поле Земли направлено под некоторым углом к горизонту.

Магнитная стрелка, которая может вращаться лишь около вертикальной оси, будет отклоняться в горизонтальной плоскости только под действием горизонтальной составляющей магнитного поля Земли $\mathbf{H} = \mathbf{H}_{\text{зем}}$. Это свойство магнитной стрелки используется в тангенс - гальванометре для определения $\mathbf{H}_{\text{зем}}$. Тангенс - гальванометр представляет собой плоскую вертикальную катушку радиуса R с некоторым числом витков n (они указаны в тангенс- гальванометре).

В центре катушки в горизонтальной плоскости расположен компас. Магнитная стрелка компаса при отсутствии тока в катушке расположена по магнитному меридиану Земли NS.

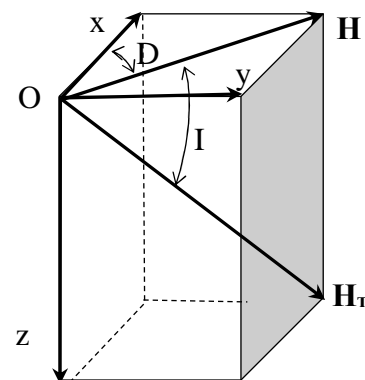


Рис. 1

Поворотом катушки около вертикальной оси можно добиться совмещения плоскости катушки с плоскостью магнитного меридиана. Если после такой установки катушки по ней пропустить ток, то магнитная стрелка повернется на некоторый угол α . Объясняется это тем, что на магнитную стрелку будет действовать два поля: первое – горизонтальная составляющая напряженности поля Земли $H_{зем}$ и второе – созданное током поле H_1 (рис.2).

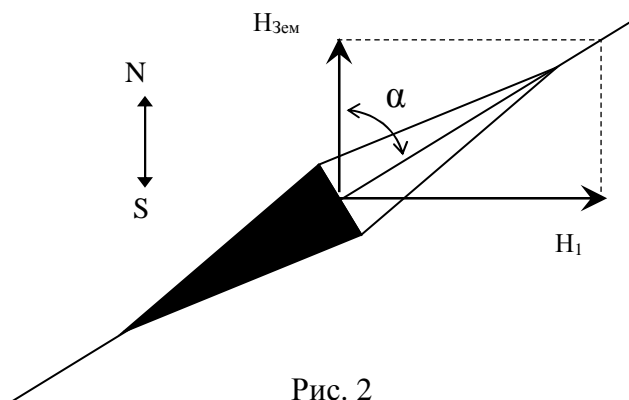


Рис. 2

Под действием этих полей магнитная стрелка займет такое положение равновесия, при котором равнодействующая двух полей будет совпадать с линией, соединяющей полюса стрелки. На рис.2 NS - направление магнитного меридиана Земли, $H_{зем}$ – вектор горизонтальной составляющей напряженности магнитного поля Земли, H_1 – вектор напряженности магнитного поля, созданного током в катушке (направление определяется по правилу буравчика).

Из рис.2 видно, что $\operatorname{tg}\alpha = H/H_{зем}$ и следовательно,

$$H_{зем} = \frac{H_1}{\operatorname{tg}\alpha}. \quad (1)$$

Величина напряженности поля, созданного током в центре витка, H_1 вычисляется по закону Био-Савара-Лапласа (в системе СИ) для случая кругового тока

$$H_1 = \frac{I}{2r}, \quad (2)$$

где I – ток, текущий в витке; r – радиус витка катушки.

Напряженность магнитного поля в катушке с числом витков n вычисляется по выражению (2) с учетом числа витков. Подставляя значения H_1 в (1) получим

$$H_{зем} = \frac{I \cdot n}{2r \cdot \operatorname{tg}\alpha}. \quad (3)$$

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить теорию работы, установку и порядок выполнения работы и получить у преподавателя допуск к выполнению экспериментов.
2. Собрать электрическую цепь тангенс-гальванометра G , реостата R и источника ИП

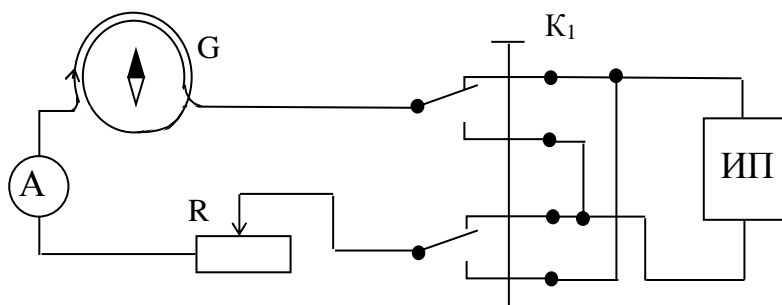


Рис. 3. G - тангенс-гальванометр; A - амперметр; R - реостат; K_1 – переключатель; ИП- источник питания.

3. Поворачивая тангенс-гальванометр за стойку черного цвета, на который установлен компас, устанавливают плоскость катушки тангенс-гальванометра в плоскости магнитного меридиана так, чтобы стрелка располагалась в вертикальной плоскости витка.
4. Установить движок реостата в крайнее дальнее положение по отношению к выполняющему работу.
5. Включить, после проверки схемы, источник тока правым тумблером на лицевой панели источника тока.
6. Как только стрелка компаса придет в равновесие, отсчитывают по верхней круговой шкале компаса угол отклонения стрелки.
7. Не меняя величины тока I изменить переключателем (левый на блоке питания) направление тока и измерить величину отклонения стрелки угол α . Берут среднее значение угла α .
8. Повторить опыт не менее 6 раз, изменяя величину тока на 0,05А(50 мА). Величину тока изменяют, меняя положение движка на реостате.
9. Подставляя последовательно изменения значения $\operatorname{tg}\alpha$ и I в формулу (3), находят значение $H_{\text{зем}}$. Все результаты вычислений записывают в таблицу (**число витков $n = 7$**).

№	$I, [A]$	$+\alpha$	$-\alpha$	$\alpha_{\text{ср}}$	$H_{\text{зем}}$	$\Delta H_{\text{зем}}$	ε
1.							
2.							
...	
Ср.	-	-	-	-			

10. Указать среднее значение измеряемой величины $H_{\text{зем}}$, доверительный интервал и доверительную вероятность.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Сформулируйте закон Био-Савара-Лапласа.
2. Объясните: почему в данной работе отклоняется стрелка компаса?
3. Почему стрелка отклоняется в противоположную сторону при изменении направления тока в тангенс-гальванометре?
4. Как найти полную напряженность магнитного поля Земли (оцените ее величину)?
5. Сформулируйте правило, с помощью которого определяется направление магнитного поля в соленоиде.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Савельев И.В. Курс общей физики Т. 2: Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. -М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988.
2. Тамм И.Е. Основы теории электричества. - М.: Наука, 1976
3. Иродов И. Е. Электромагнетизм. -М.: Лаборатория базовых знаний, 2002.
4. Калашников Э.Г. Электричество. – М.:Наука, 1977.
5. Трапицын Н.Ф. Краткий курс общей физики. Ч.3. Электричество и магнетизм. – Бишкек: Изд-во КРСУ, 1996
6. Зисман Г.А., Тодес О.М. Курс общей физики. Т.2. Электричество и магнетизм. – М.: Наука, 1974.
7. Физический практикум. Ч.2./ Под ред. В.И. Ивероной. -М.: «Наука». -1968.