

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Курганский государственный университет»

Кафедра математики и физики

**Определение горизонтальной составляющей
напряженности магнитного поля Земли**

Методические указания по выполнению
лабораторной работы

Курган 2024

Кафедра: «Математики и физики».

Дисциплина: «Физика».

Составили: доцент Т. В. Дензанова,
старший преподаватель Л. Н. Никифорова,
старший преподаватель И. А. Пешкова.

Рекомендованы методическим советом университета «25» декабря 2023 г.

Утверждены на заседании кафедры «31» августа 2023 г.

Цель работы: ознакомление с основными количественными характеристиками магнитного поля Земли и методом их измерения.

Приборы и принадлежности: тангенс-буссоль, миллиамперметр, переключатель, реостат, источник питания.

Изучению магнетизма во многом способствовало то обстоятельство, что сама Земля является магнитом. Схема силовых линий магнитного поля Земли изображена на рисунке 1. Северный магнитный полюс N находится вблизи южного географического полюса Ю и южный S – вблизи северного С.

Существование магнитного поля в любой точке Земли можно установить с помощью магнитной стрелки. Если подвесить магнитную стрелку на нити так, чтобы точка подвеса совпадала с центром тяжести стрелки, то стрелка установится по направлению касательной к силовой линии магнитного поля Земли. Вертикальная плоскость, проходящая через свободно подвешенную магнитную стрелку и магнитные полюса, называется плоскостью магнитного меридиана, а ее пересечение с поверхностью Земли – магнитным меридианом. Все магнитные меридианы сходятся в магнитных полюсах N и S . Так как магнитные полюса не совпадают с географическими полюсами, то стрелка будет отклонена от географического меридиана.

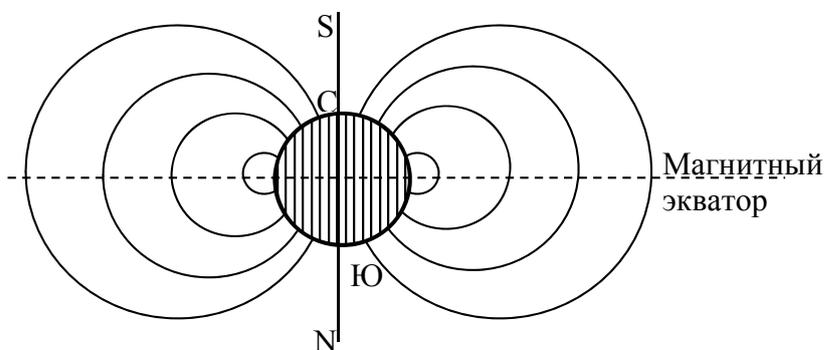


Рисунок 1 – Магнитное поле Земли

Проекция вектора напряженности магнитного поля на горизонтальную плоскость (плоскость, касательную к поверхности Земли в данной точке) называется горизонтальной составляющей напряженности магнитного поля Земли. Измерению этой величины и посвящена данная работа.

Описание установки

Горизонтальная составляющая H_z напряженности геомагнитного поля может быть измерена с помощью так называемой тангенс-буссоли. Она представляет собой круговую рамку с током, в центре которой располагается магнитная стрелка с угломерной шкалой.

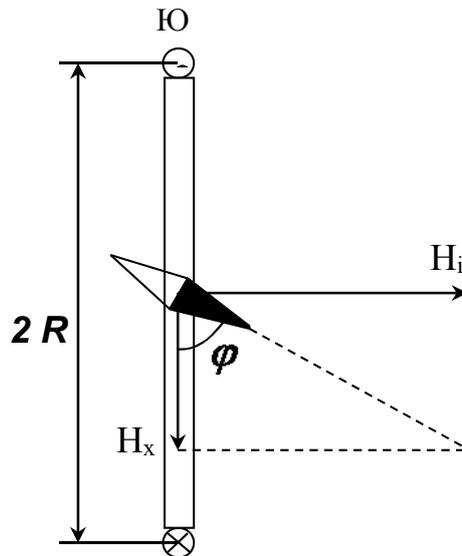


Рисунок 2 – Положение магнитной стрелки при пропускании тока через катушку тангенс-буссоли.

На рисунке 2 схематически представлен ее вид сверху. Для усиления магнитного поля берется не один, а N витков. Если витки расположить в плоскости магнитного меридиана, то после включения тока магнитная стрелка окажется повернутой на угол φ . Как видно из рисунка,

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{H_i}{H_x}, \quad (1)$$

где H_i – напряженность магнитного поля тока витков в их центре, где находится магнитная стрелка.

Для круговой рамки она равна:

$$H_i = \frac{N * I}{2R}. \quad (2)$$

Подставив (2) в (1) и решив относительно H_x , получим

$$H_x = \frac{N * I}{2R * \operatorname{tg} \varphi}. \quad (3)$$

Так как катушку тангенс-буссоли трудно точно установить в направлении север-юг, можно производить измерение H_x без предварительной ориентировки катушки, фиксируя углы поворота стрелки φ_1 и φ_2 от начального положения для обоих направлений тока определенной величины в катушке тангенс-буссоли. Из рисунка 3 видно, что

$$\frac{H_1}{\sin \varphi_1} = \frac{H_x}{\sin \gamma_1}, \frac{H_2}{\sin \varphi_2} = \frac{H_x}{\sin \gamma_2},$$

$$H_1 = H_2,$$

$$\varphi_1 + \varphi_2 + \gamma_1 + \gamma_2 = \pi,$$

где H_1 и H_2 – индукция поля катушки тангенс-буссоли при различных направлениях тока в ней.

Решение этой системы дает:

$$H_x = \frac{NI}{2R} * \frac{\sin(\varphi_1 + \varphi_2)}{\sqrt{\sin^2 \varphi_1 + \sin^2 \varphi_2 - 2 \sin \varphi_1 \sin \varphi_2 \cos(\varphi_1 + \varphi_2)}}. \quad (4)$$

При $\varphi_1 = \varphi_2$ формула (4) переходит в формулу (3).

Электрическая схема измерения H_x приведена на рисунке 4. Реостат R служит для регулировки силы тока в цепи тангенс-буссоли (ТБ). Переключатель П позволяет изменять направление тока в витках тангенс-буссоли.

Задание 1. Измерение горизонтальной составляющей магнитного поля Земли.

Ход работы

- 1 Соберите схему рисунка 4.
- 2 Расположите витки тангенс-буссоли в плоскости магнитного меридиана. Поворотом тангенс-буссоли добейтесь того, чтобы при отсутствии тока в витках магнитная стрелка расположилась в плоскости витков. Установите нулевое деление лимба напротив концов стрелки.
- 3 Установив максимальное сопротивление реостата, включите источник питания. Убедитесь в том, что стрелка отклоняется при включении тока.
- 4 Уменьшая сопротивление реостата, установите такое значение тока, чтобы стрелка отклонялась на угол $40-50^\circ$. Отклонение стрелки каждый раз следует находить по положению обоих полюсов и брать среднее арифметическое. Запишите значения I и φ_1 в таблицу 1.

5 Не изменяя величины тока, измените его направление с помощью переключателя П. Измерьте угол φ_2 .

6 Рассчитайте горизонтальную составляющую напряженности магнитного поля Земли по формуле (3). В качестве φ возьмите среднее арифметическое из φ_1 и φ_2 .

7 Повторите измерения для трех–пяти различных значений тока I . Данные занесите в таблицу 1.

8 Рассчитайте ошибку измерения H_x .

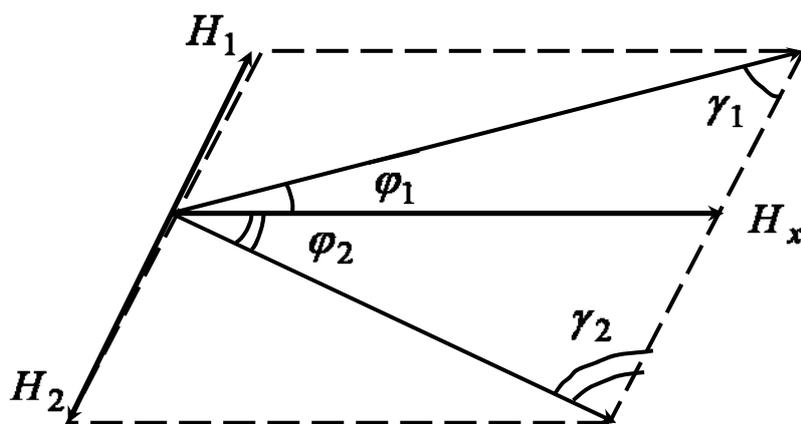


Рисунок 3 – Углы поворота стрелки тангенс-буссоли от начального положения для различных направлений тока

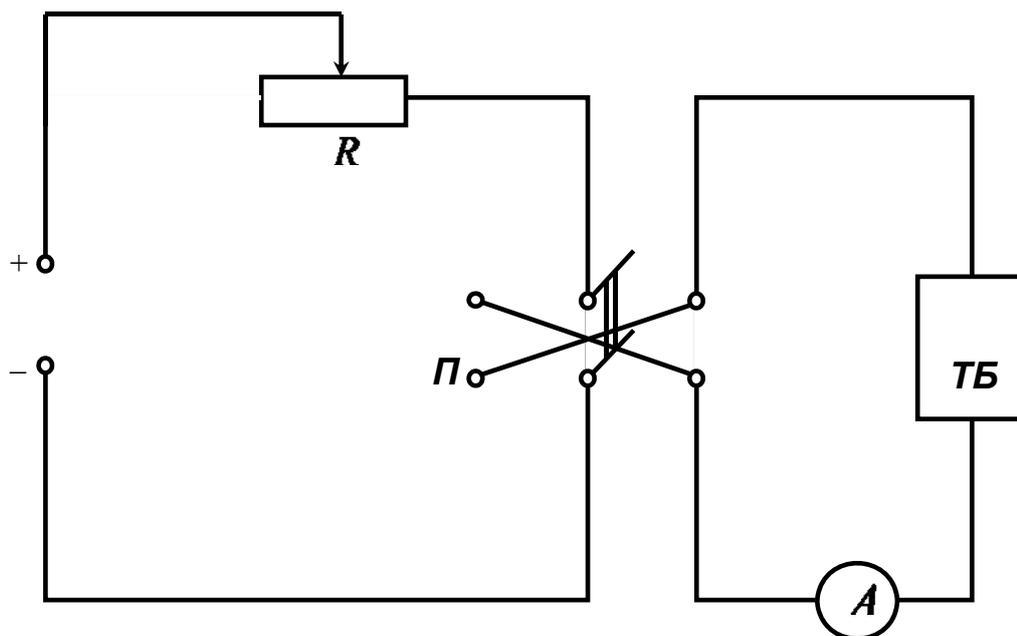


Рисунок 4 – Экспериментальная схема для определения горизонтальной составляющей магнитного поля Земли

Таблица 1 – Экспериментальные данные для расчета горизонтальной составляющей магнитного поля Земли

$N =$		$R =$		
I	φ_1	φ_2	φ	H_x

Задание 2. Определение горизонтальной составляющей магнитного поля Земли при произвольной ориентации тангенс – буссоли.

Ход работы

- 1 Соберите схему рисунка 4.
- 2 Расположите витки тангенс-буссоли произвольным образом. Установите нулевое деление лимба напротив концов стрелки.
- 3 Установив максимальное сопротивление реостата, включите источник питания. Убедитесь в том, что стрелка отклоняется при включении тока.
- 4 Уменьшая сопротивление реостата, установите такое значение тока, чтобы стрелка отклонялась на угол $40-50^\circ$. Отклонение стрелки каждый раз следует находить по положению обоих полюсов и брать среднее арифметическое. Запишите значения I и φ_1 в таблицу, вид которой продумайте самостоятельно.
- 5 Не изменяя величины тока, измените его направление с помощью переключателя П. Определите угол φ_2 .
- 6 Рассчитайте горизонтальную составляющую напряженности магнитного поля Земли по формуле (4).
- 7 Повторите измерения для трех–пяти различных значений тока. Данные занесите в таблицу.
- 8 Рассчитайте ошибку измерения H_x .

Контрольные вопросы

- 1 Каково соотношение между индукцией и напряженностью магнитного поля?

- 2 Напишите закон Био – Савара – Лапласа.
- 3 Что называется индукцией магнитного поля?
- 4 Как узнать направление тока в витках тангенс-буссоли по отклонению стрелки?
- 5 Как рассчитать вращающий момент, действующий на горизонтально расположенную стрелку с моментом P_m ?

Список литературы

- 1 Физика : Методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов направлений 06.03.01 «Биология»; 05.03.02 «География»; 05.03.06 «Экология и природопользование» / сост. Л. Н. Никифорова. – Курган, 2018.
- 2 Лабораторные работы по физике с вопросами и заданиями : учебное пособие / О. М. Тарасов. – Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2011.
- 3 Физический практикум для классов с углубленным изучением физики для 10-11 классов /под ред. Ю. И. Дика, О. Ф. Кабардина. – Москва : Просвещение, 2002.

Дензанова Татьяна Викторовна
Никифорова Лидия Николаевна
Пешкова Ирина Александровна

**Определение горизонтальной составляющей
напряженности магнитного поля Земли**

Методические указания по выполнению
лабораторной работы

Редактор О. Г. Алексеева

Подписано в печать	Формат 60x84 1/16	Бумага 80 г/м ²
Печать цифровая	Усл. печ. л. 0,75	Уч.-изд. л. 0,75
Заказ	Тираж 25	Не для продажи

БИЦ Курганского государственного университета.
640002, г. Курган, ул. Советская, 63/4.
Курганский государственный университет.