

УДК550.383.2

ВЕКТОР ИНДУКЦИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ

Анисимова К. А., учащаяся МБОУ лицей №62, 7 «А» класс
 Гуменный М.М., учащейся школа №31, 4«Б»
 Яковлева П.Ф., ст.преподаватель
 Научный руководитель: Янина Т. И., к.т.н., доцент
 Ким Т.Л., к.т.н., доцент
 Кузбасский государственный технический университет
 имени Т.Ф. Горбачева,
 г. Кемерово

Магнитное поле окружает почти все планеты Солнечной системы - Меркурий, Землю, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун. Нет магнитного поля у Венеры и Марса. Очень слабое магнитное поле у Меркурия и огромное магнитное поле у Юпитера. Магнитное поле Юпитера распространяется на 650 миллионов километров от планеты.

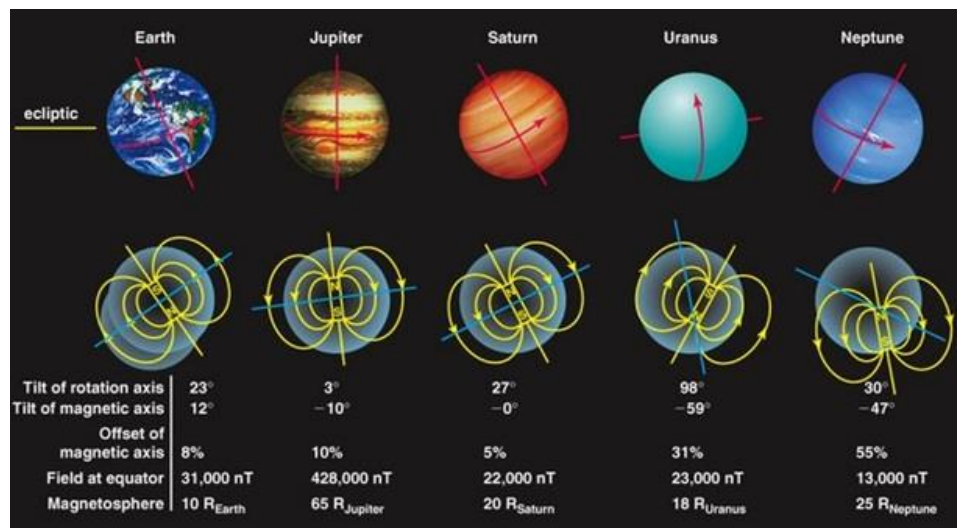


Рис.1 Схемы магнитных полей планет Солнечной системы

Магнитное поле Земли можно представить как магнитное поле постоянного магнита планетарного масштаба (рис.2), ось этого воображаемого магнита наклонена к оси вращения Земли под углом 11°.

Южный магнитный полюс находится недалеко от северного географического полюса, на севере Канады, а северный магнитный полюс находится в Антарктике, положения магнитных полюсов медленно перемещаются и даже могут поменяться местами – инверсия. Магнитное поле Земли распространяется примерно на 75 тыс. км в сторону Солнца и на несколько миллионов километров в сторону противоположную Солнцу.

Магнитное поле неоднородное на поверхности Земли, оно слабее на экваторе и вдвое сильнее на полюсах. Магнитное поле оказывает влияние на

живые организмы, намагничивает горные породы. Магнитное поле Земли создаёт такое явление как полярное сияние.

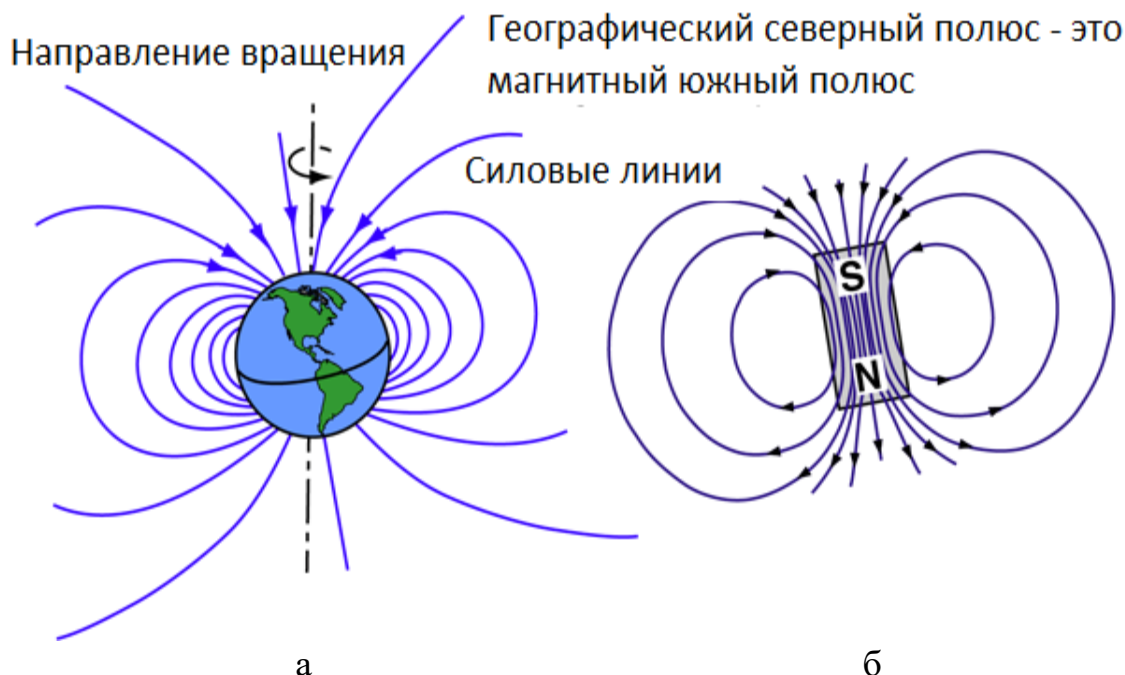


Рис.2 Магнитное поле Земли (а), магнитное поле постоянного магнита (б).

Магнитное поле характеризуется вектором магнитной индукции \vec{B} , а изображается с помощью линий магнитной индукции (рис.1,2).

На кафедре физики КузГТУ на установке, описанной ниже, были проведены исследования магнитного поля Земли и рассчитана горизонтальная составляющая вектора магнитной индукции.

Описание лабораторного стенда.

На рис.3 приведена электрическая схема лабораторной установки, состоящая из тангенс-гальванометра G , амперметра A , реостата R , ключа K , двойного переключателя Π и источника тока ε .

Тангенс-гальванометр G состоит из катушки, содержащей N витков тонкой изолированной проволоки, укрепленной на вращающейся подставке. В центре катушки горизонтально расположена магнитная стрелка, свободно вращающаяся вокруг вертикальной оси. Стрелка помещена в коробочку, на дне которой расположен лимб со шкалой.

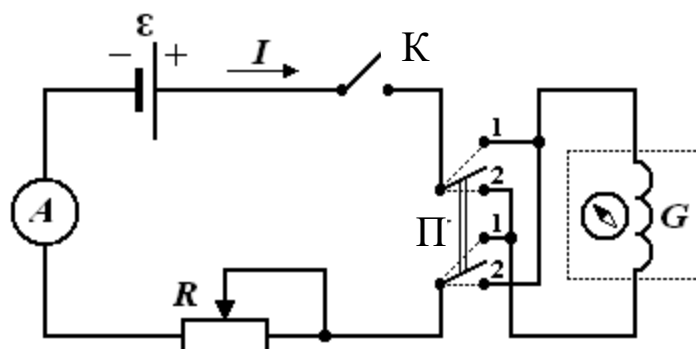


Рис.3. Принципиальная электрическая схема лабораторной установки

Методика измерений и расчета.

Магнитное поле Земли обусловлено стационарными геоэлектрическими токами и конвективным движением расплавленного электропроводящего вещества в железно-никелевом ядре.

Магнитное поле Земли характеризуется тремя элементами: горизонтальной составляющей вектора индукции магнитного поля $\vec{B}_Г$, магнитным склонением γ (угол между $\vec{B}_Г$ и плоскостью географического меридиана), магнитным наклонением θ (угол между вектором магнитного поля \vec{B} и плоскостью горизонта). Для города Кемерово: $B = 5,8 \cdot 10^{-5}$ Тл; $\vec{B}_Г = 1,55 \cdot 10^{-5}$ Тл.

Катушка тангенс-гальванометра содержит N витков, а относительная магнитная проницаемость воздуха $\mu = 1$, поэтому модуль вектора магнитной индукции в центре катушки равен

$$B_k = \frac{\mu_0 IN}{2R}. \quad (1)$$

Расположим виток (ток по витку не идет) так, чтобы плоскость витка XOY совпадала с плоскостью магнитного меридиана. Для этого нужно поворачивать плоскость витка до тех пор, пока она не совместится с направлением магнитной стрелки. При включении тока I стрелка повернется на угол φ_1 или φ_2 в зависимости от направления тока в катушке, которое изменяется переключателем Π , и установится по направлению результирующего вектора \vec{B}_1 или \vec{B}_2 . По принципу суперпозиции полей

$$\vec{B} = \vec{B}_Г + \vec{B}_к. \quad (2)$$

Определив угол φ поворота магнитной стрелки, можно найти горизонтальную составляющую вектора индукции магнитного поля Земли:

$$B_Г = \frac{B_k}{\text{tg}\varphi} = \frac{\mu_0 IN}{2R \text{tg}\varphi}. \quad (3)$$

Определение горизонтальной составляющей вектора индукции магнитного поля Земли при расположении магнитной стрелки в плоскости витка.

1. Собрать цепь по схеме, изображенной на рис. 3.
2. Совместить плоскость витка с плоскостью магнитного меридиана (стрелка должна находиться в плоскости витка). По лимбу определить положение северного конца магнитной стрелки (угловая координата φ_0).
3. Замкнуть цепь тангенс-гальванометра ключом K и перемещением движка реостата R добиться отклонения стрелки на угол $\varphi_1 = |\varphi_0 - \varphi'| = 35^\circ$, где φ' – новая угловая координата северного конца магнитной стрелки. Измерить амперметром силу тока в цепи тангенс-гальванометра.
4. С помощью переключателя Π изменить направление тока в цепи

тангенс-гальванометра и измерить угловую координату φ'' северного конца магнитной стрелки, определить угол $\varphi_2 = |\varphi'' - \varphi_0|$. Разница между углами φ_1 и φ_2 по модулю не должна превышать 2° , в противном случае опыт повторять до тех пор, пока не будет получен нужный результат.

5. Провести измерения для углов $\varphi_1 = 40, 45, 50$ и 55° . Результаты измерений занести в табл. 1.

6. По формуле (3) определить горизонтальную составляющую вектора индукции магнитного поля Земли B_r .

Таблица 1

Результаты измерений углов и расчета B_r при расположении витка в плоскости магнитного меридиана

| № | I | | φ_0 | φ' | φ_1 | φ'' | φ_2 | $\langle\varphi\rangle$ | tg $\langle\varphi\rangle$ | $B_r \cdot 10^{-5}$ | $\langle B_r \rangle \cdot 10^{-5}$ |
|---|-----|-------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------------------|----------------------------|---------------------|-------------------------------------|
| | дел | А | град | град | град | град | град | град | – | Тл | Тл |
| 1 | 109 | 0,109 | 270 | 224 | 46 | 322 | 52 | 49 | 1,15 | 1,79 | 1,82 |
| 2 | 104 | 0,104 | | 226 | 44 | 320 | 50 | 47 | 1,07 | 1,83 | |
| 3 | 96 | 0,096 | | 228 | 42 | 319 | 49 | 45,5 | 1,02 | 1,78 | |
| 4 | 93 | 0,093 | | 230 | 40 | 316 | 46 | 43 | 0,93 | 1,88 | |
| 5 | 83 | 0,083 | | 232 | 38 | 314 | 44 | 41 | 0,87 | 1,80 | |

При выполнении данной работы нами были освоены новые компетенции, получены новые знания о магнитном поле Земли, мы научились работать с электроизмерительными приборами, научились определять цену деления многопредельных приборов, рассчитали горизонтальную составляющую вектора магнитной индукции.

Список литературы:

1. Дырдин В.В. Физика. Электричество и магнетизм: учеб. пособие/ В.В. Дырдин, А.А. Мальшин, Т.И.Янина; КузГТУ. -Кемерово, 2014.- 208
2. Трухин В.И., Показеев К.В., Куницын В.Е. Общая и экологическая геофизика, Москва, Физматлит, 2005.

2. <https://phys.msu.ru> > about > sovphys > I