

Министерство науки и высшего образования Российской  
Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования "Казанский (Приволжский)  
федеральный университет"  
Набережночелнинский институт (филиал)

**ИЗУЧЕНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ С ПОМОЩЬЮ  
ТАНГЕНС-ГАЛЬВАНОМЕТРА**  
*Учебно-методическое пособие*

Набережные Челны  
2020

УДК 530 (077)

Тазмеев Г.Х. Изучение магнитного поля Земли с помощью тангенс-гальванометра: учебно-методическое пособие к лабораторной работе по физике. - Набережные Челны: НЧИ КФУ, 2020 – 11 с.

Рецензент: доцент, к.т.н. Ч.С. Страшинский

Учебно-методическое пособие предназначено в помощь студентам для выполнения лабораторной работы по физике.

*Печатается по рекомендации  
Учебно-методической комиссии отделения информационных  
технологий и энергетических систем НЧИ КФУ*

Цель работы: ознакомление с прибором для изучения магнитного поля Земли - тангенс-гальванометром и измерение горизонтальной составляющей магнитной индукции магнитного поля Земли.

Приборы и принадлежности: тангенс-гальванометр, амперметр, потенциометр и переключатель.

## 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАБОТЫ

Земля представляет собой огромный постоянный магнит. Поэтому в любой точке на поверхности Земли и в окружающем пространстве обнаруживается действие магнитного поля. Происхождение магнитного поля Земли до настоящего времени не выяснено. Известно, что магнитные полюсы Земли не совпадают с географическими. Южный магнитный полюс Земли расположен у северных берегов Америки (примерно  $74^\circ$  северной широты и  $100^\circ$  западной долготы), а северный магнитный полюс - в Антарктиде (примерно  $60^\circ$  южной широты и  $143^\circ$  восточной долготы). Причем, расположение магнитных полюсов по истечении времени меняется, так, например, северный магнитный полюс в 1600 году находился на расстоянии 1300 км от южного географического, а теперь примерно на расстоянии 2100 км.

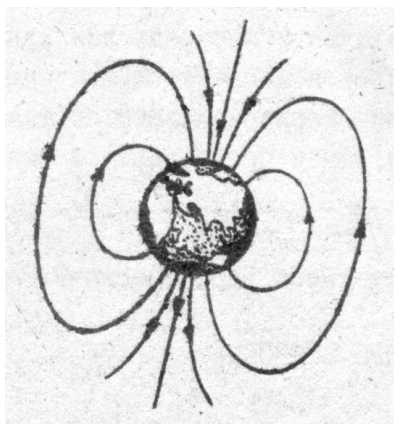


Рис.1.

Магнитная индукция магнитного поля около поверхности Земли имеет небольшие числовые значения, в интервале от  $0,4 \cdot 10^{-4}$  Тл (на экваторе) до  $0,7 \cdot 10^{-4}$  Тл (у магнитных полюсов). На рис.1 представлена упрощенная схема силовых линий магнитного поля Земли. Так представляли магнитное поле Земли до 1958 года.

Исследования с помощью искусственных спутников позволили определить полную картину силовых линий. Оказалось, что на достаточно больших расстояниях от Земли силовые линии сильно деформируются под действием солнечного ветра (ионизированных частиц, идущих от Солнца) и в зависимости от интенсивности солнечного ветра эти деформации достигают поверхности Земли, вызывая так называемые магнитные бури. Следует подчеркнуть, что магнитное поле Земли - это защитный пояс вокруг земного шара, который защищает жизнь на Земле от вредного воздействия космических частиц.

Направление магнитных силовых линий Земли может быть установлено с помощью магнитной стрелки. Если подвесить магнитную стрелку так, чтобы точка подвеса совпадала с центром масс стрелки, то последняя устанавливается по направлению касательной к силовой линии магнитного поля Земли. На северном полушарии стрелка составит с горизонтом угол наклона  $\theta$ . Вертикальная плоскость, в которой расположится стрелка, называется плоскостью магнитного меридиана. Угол  $\delta$  между магнитным и географическим меридианами называется магнитным склонением (рис.2а).

## 2. ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ И ВЫВОД РАСЧЕТНОЙ ФОРМУЛЫ

В данной работе рассматривается метод измерения горизонтальной составляющей магнитной индукции магнитного поля Земли при помощи тангенс-гальванометра. Он представляет собой прибор, состоящий из кольца, на котором намотано несколько витков проволоки с изоляцией (рис. 2а). В центре кольца в горизонтальном положении находится магнитная стрелка (компас). Если установить тангенс-гальванометр так, чтобы плоскость

витков совпадала с плоскостью магнитного меридиана, то в этом случае направление магнитной стрелки тангенс-гальванометра совпадает с направлением горизонтальной составляющей магнитной индукции  $\vec{B}_0$  магнитного поля Земли. Если теперь по виткам прибора пропустить постоянный ток, то на магнитную стрелку в направлении, перпендикулярном плоскости кольца, будет действовать магнитное поле этого тока с индукцией  $\vec{B}_1$ . В результате стрелка отклонится от направления магнитного меридиана на угол  $\alpha$ .

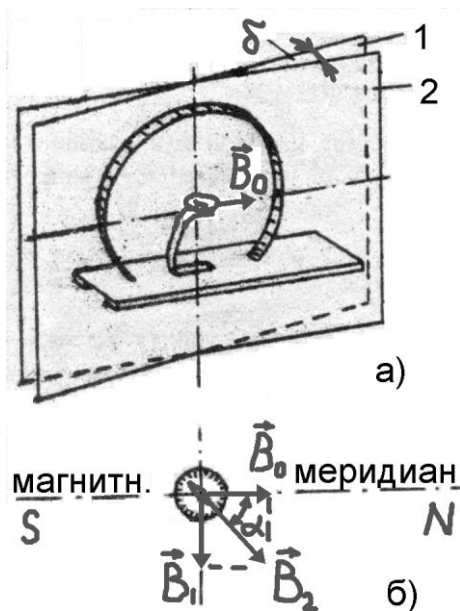


Рис.2.

Электрическая схема установки приведена на рис. 3. При пропускании тока по виткам прибора магнитная стрелка

будет находиться под воздействием двух полей: магнитного поля Земли, горизонтальная составляющая магнитной индукции которого  $\vec{B}_0$ , и магнитного поля тока с индукцией  $\vec{B}_1$ . Под влиянием обоих полей стрелка повернется на некоторый угол  $\alpha$  (рис.2б) и установится в направлении результирующего вектора  $\vec{B}_2$ , составляющими которого являются  $\vec{B}_0$  и  $\vec{B}_1$ .

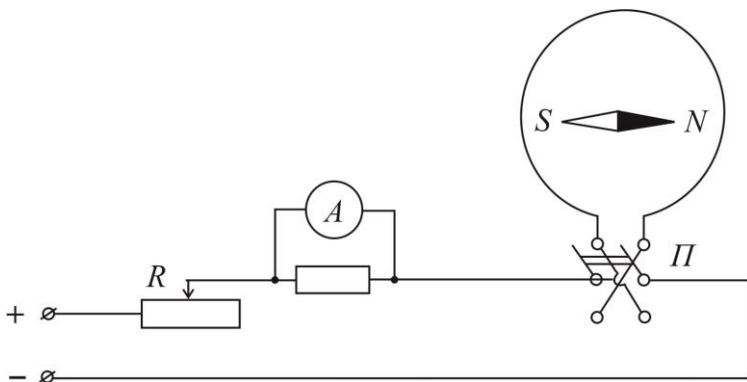


Рис.3.

Из рисунка видно, что

$$B_0 = \frac{B_1}{\operatorname{tg} \alpha}. \quad (1)$$

Магнитная индукция в центре кругового тока равна

$$B_1 = \mu_0 \frac{IN}{2R}, \quad (2)$$

где  $N$  - число витков,  $R$  - радиус кольца. Таким образом,

$$B_0 = \frac{\mu_0 N}{2R} \cdot \frac{I}{\operatorname{tg} \alpha}. \quad (3)$$

В (3) все величины, кроме  $I$  и  $\alpha$ , постоянны. Выразим силу тока  $I$  следующим образом

$$I = \frac{2RB_0}{\mu_0 N} \cdot \operatorname{tg} \alpha = C \cdot \operatorname{tg} \alpha. \quad (4)$$

Здесь  $C$  - постоянная тангенс-гальванометра

$$C = \frac{2RB_0}{\mu_0 N}. \quad (5)$$

В данной работе требуется найти постоянную тангенс-гальванометра и вычислить горизонтальную составляющую магнитной индукции магнитного поля Земли по формуле

$$B_0 = \frac{\mu_0 N}{2R} C. \quad (6)$$

### 3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Установите тангенс-гальванометр так, чтобы плоскость витков совпадала с направлением магнитной стрелки, находящейся в плоскости магнитного меридиана.
2. Ручку потенциометра  $R$  поставьте в крайнее правое положение, а переключатель - в положение "П" и включите тангенс-гальванометр в цепь постоянного тока (9В).
3. Вращая ручку потенциометра  $R$ , установите магнитную стрелку на  $45^\circ$  и прогрейте прибор в течение 5 мин.
4. Изменяя силу тока с помощью потенциометра, установите стрелку на угол  $\alpha' = 35^\circ$  и запишите значение тока в делениях шкалы.
5. Не изменяя силу тока, смените его направление с помощью переключателя и отсчитайте угол  $\alpha''$ .
6. Повторите п.4 и 5 для следующих углов отклонения магнитной стрелки.

Таблица.

№ п/п	Угол отклонения		Сила тока $I$		$\alpha_i = \frac{\alpha' + \alpha''}{2}$	$C_i$ , А
	при прямом токе $\alpha'$	при обратном токе $\alpha''$	дел.	А		
1.	$35^\circ$					
2.	$40^\circ$					
3.	$45^\circ$					
4.	$50^\circ$					
5.	$55^\circ$					



#### 4. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

1. Для каждого опыта вычислите среднее значение угла отклонения

$$\alpha_i = \frac{\alpha' + \alpha''}{2}. \quad (7)$$

2. Вычислите постоянную тангенс-гальванометра

$$C_i = \frac{I_i}{\operatorname{tg} \alpha_i}. \quad (8)$$

3. Принимая значения  $C_i$  как результаты прямых измерений, произведите их обработку по правилам обработки прямых измерений без учета приборной погрешности. Результат запишите в виде

$$C = \bar{C} \pm \Delta C, \quad (9)$$

$$\varepsilon_c = \frac{\Delta C}{\bar{C}} \cdot 100\% \quad (10)$$

при  $n = 5$  и доверительной вероятности  $\alpha = 0,7$ .

4. Используя  $\bar{C}$  и  $R$ , по формуле (6) вычислите среднее значение горизонтальной составляющей магнитной индукции магнитного поля Земли.

5. Вычислите относительную ошибку значения  $B_0$  по формуле

$$\varepsilon = \frac{\Delta B_0}{\bar{B}_0} = \sqrt{\left(\frac{\Delta R}{R}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C}{C}\right)^2}. \quad (11)$$

Здесь  $\Delta R$  - доверительный интервал ошибок для радиуса кольца, определяемый инструментальной погрешностью.

6. Результат измерения горизонтальной составляющей магнитной индукции поля Земли представьте в виде

$$B_0 = \bar{B}_0 \pm \Delta B_0, \quad \varepsilon_{B_0} = \frac{\Delta B_0}{\bar{B}_0} \cdot 100\%$$

при  $n=5$  и доверительной вероятности  $\alpha=0,7$ .

## 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Сформулируйте закон Био-Савара-Лапласа. Как определить направление  $\vec{B}$ ? В каких единицах измеряется магнитная индукция?
2. Чему равна индукция магнитного поля в центре кругового тока?
3. Как направлен вектор магнитной индукции магнитного поля Земли в нашей местности по отношению к поверхности Земли?
4. Объясните устройство и принцип действия тангенс-гальванометра.
5. Сколько полей действуют на стрелку компаса при наличии тока в катушке тангенс-гальванометра? Как взаимно расположены эти поля?

6. Почему следует ориентировать катушку тангенс-гальванометра в направлении магнитного меридиана?

## ЛИТЕРАТУРА

1. Савельев И.В. Курс общей физики, т.2. М.: Наука, 1982 и последующие годы.
2. Лабораторный практикум по физике /Под ред.Ахматова А.С. М.: Высшая школа, 1980.

Подписано в печать 25.05.2020 г.  
Формат 60x84x16. Печать ризографическая.  
Бумага офсетная. Гарнитура «Times New Roman».  
Усл. -печ.л. 0,7. Уч.-изд.л. 0,7.  
Тираж 50 экз. Заказ № 1577. -  
Издательско-полиграфический центр  
Набережночелнинского института  
Казанского (Приволжского) федерального университета

---

423810, г. Набережные Челны, Новый город, проспект Мира, 68/19  
тел./факс (8552) 39-65-99 e-mail: ic-nchi-kpfu@mail.ru