

**Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Уфимский государственный авиационный технический университет**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ
МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ**

**Методические указания
к лабораторной работе № 47
по дисциплине «Физика»**

Уфа 2010

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Уфимский государственный авиационный технический университет

Кафедра физики

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ
МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ

Методические указания
к лабораторной работе № 47
по дисциплине «Физика»

Уфа 2010

Составитель В.Р. Строкина

УДК 537
ББК 22

Определение горизонтальной составляющей магнитного поля Земли: Методические указания к лабораторной работе № 47 по дисциплине «Физика» / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т; Сост. В.Р. Строкина – Уфа, 2010. – 13 с.

Знакомят студентов с основными положениями геомагнетизма и методикой экспериментального определения горизонтальной составляющей магнитного поля Земли с помощью тангенс гальванометра.

Предназначены для студентов университета, выполняющих лабораторный практикум по дисциплине «Физика», раздел «Электричество и магнетизм».

Табл. 1. Ил. 6. Библ.: 4 назв.

Рецензенты: канд. физ.-мат. наук, доцент Тучков В.С.,
канд. техн. наук, доцент Уразбахтина Ю.О.

© Уфимский государственный
авиационный технический университет, 2010

Составитель СТРОКИНА Венера Рамазановна

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ
МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ

Методические указания
к лабораторной работе № 47
по дисциплине «Физика»

Подписано в печать 2010. Формат 60x84 1/16.

Бумага офсетная. Печать плоская. Гарнитура Nimes New Roman Cyr.

Усл. печ. л. 1,1. Уч-изд.л. 0,9.

Тираж 300 экз. Заказ №

ГОУ ВПО Уфимский государственный авиационный технический университет
Центр оперативной полиграфии УГАТУ
450000, Уфа-центр, ул. К. Маркса, 12

Содержание

1. Цель работы.....	4
2. Теоретическая часть	4
2.1. Магнитное поле кругового тока	4
2.2. Магнитное поле Земли	6
2.3. Метод определения горизонтальной составляющей Земли с помощью тангенс гальванометра	8
3. Экспериментальная часть	10
3.1. Описание лабораторной установки.....	10
3.2. Требования по технике безопасности	10
3.3. Порядок выполнения работы.....	11
3.4. Требования к отчету	12
4. Контрольные вопросы	12
Список литературы	13

Лабораторная работа № 47

Определение горизонтальной составляющей магнитного поля Земли

1. Цель работы

Изучение магнитного поля кругового тока, магнитного поля Земли, определение горизонтальной составляющей магнитного поля Земли с помощью тангенс гальванометра.

2. Теоретическая часть

2.1. Магнитное поле кругового тока

Наличие магнитного поля вокруг прямолинейного проводника с током было открыто в 1820 году Х. Эрстедом по его ориентирующему действию на магнитную стрелку. В дальнейшем экспериментально исследовалось действие на магнитную стрелку электрического тока, протекающего по проводникам различной формы. Во всех случаях проводники с током оказывали ориентирующее действие на магнитную стрелку, что указывало на наличие вокруг любого проводника с током магнитного поля.

На рис. 2.1 показана ориентация магнитной стрелки вдоль оси кругового проводника с током.

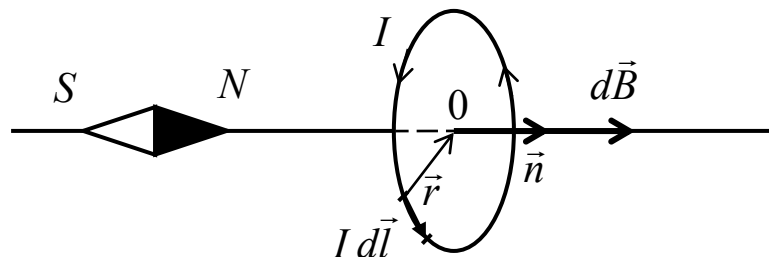


Рис. 2.1

Величину и направление вектора индукции магнитного поля в центре кругового тока можно определить, используя закон Био-Савара-Лапласа

$$d\vec{B} = \mu_0 \frac{I [d\vec{l} \cdot \vec{r}]}{4\pi r^3}. \quad (2.1)$$

Этот закон позволяет вычислить магнитную индукцию поля, создаваемого элементом тока $I d\vec{l}$ на расстоянии r от него (рис. 2.2).

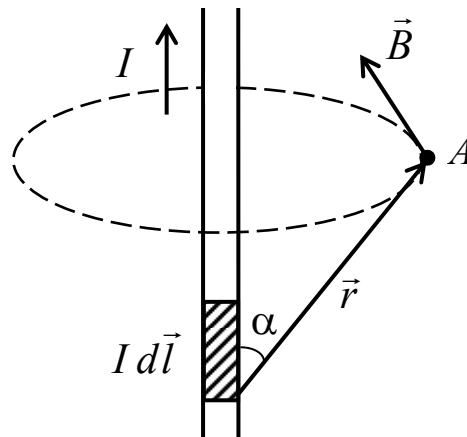


Рис. 2.2

Модуль вектора $d\vec{B}$ определяется формулой

$$dB = \mu_0 \frac{I dl \sin \alpha}{4\pi r^2}. \quad (2.2)$$

В формулах (2.1) и (2.2) μ_0 – магнитная постоянная, $d\vec{l}$ – вектор, модуль которого равен длине dl элемента проводника и совпадающий по направлению с током, α – угол между направлениями векторов $d\vec{l}$ и \vec{r} .

Элементы проводника перпендикулярны радиус-вектору \vec{r} ($\sin \alpha = 1$), расстояние от них до центра кругового тока одинаково и равно радиусу R , поэтому согласно формуле (2.2) имеем

$$dB = \mu_0 \frac{I dl}{4\pi R^2}. \quad (2.3)$$

Интегрируя это выражение по всем элементам dl , получаем

$$B = \mu_0 \frac{I}{4\pi R^2} \int_0^{2\pi R} dl = \frac{\mu_0 I}{4\pi R^2} 2\pi R = \mu_0 \frac{I}{2R}. \quad (2.4)$$

Следовательно, магнитная индукция в центре кругового проводника с током равна

$$B = \mu_0 \frac{I}{2R}. \quad (2.5)$$

2.2. Магнитное поле Земли

Земля обладает собственным магнитным полем, которое нагляднее всего проявляется своим ориентирующим действием на магнитную стрелку компаса, устанавливая ее определенным образом в каждой точке Земли. Это поле в основном обусловлено процессами, протекающими в жидком металлическом ядре Земли.

Магнитное поле Земли представляет собой магнит с осью, направленной приблизительно с севера на юг. Причем в северном полушарии находится южный магнитный полюс, а в южном полушарии – северный (рис. 2.3). Магнитная ось, т.е. прямая, проходящая через оба магнитных полюса наклонена примерно на 11° по отношению к оси вращения Земли и не проходит через центр земного шара. Расстояния между географическим и магнитным полюсами составляют несколько сот километров, т.е. географический и магнитный меридианы не совпадают. Угол между направлением, указанным магнитной стрелкой, и истинным направлением на север (или на юг), называется углом склонения или магнитным склонением. Иначе говоря, угол склонения – это угол между географическим и магнитным меридианами в том месте, где находится магнитная стрелка. Например, при ориентировке курса самолета, необходимо учитывать угол склонения, величина которого зависит от местонахождения самолета.

Силовые линии магнитного поля не являются параллельными поверхности Земли, поэтому направление магнитной стрелки, а, следовательно, и направление вектора магнитной индукции в каждой точке земной поверхности составляет некоторый угол с плоскостью горизонта. Этот угол называется углом магнитного наклона или магнитным наклоном. Магнитное наклонение зависит от широты местности и изменяется от 0° до 90° при переходе из области магнитного экватора к магнитным полюсам Земли.

На рис. 2.3 показаны ориентации вектора индукции \vec{B} магнитного поля Земли, а также его горизонтальной \vec{B}_0 и вертикальной \vec{B}_v составляющих на широте расположения г.Уфы.

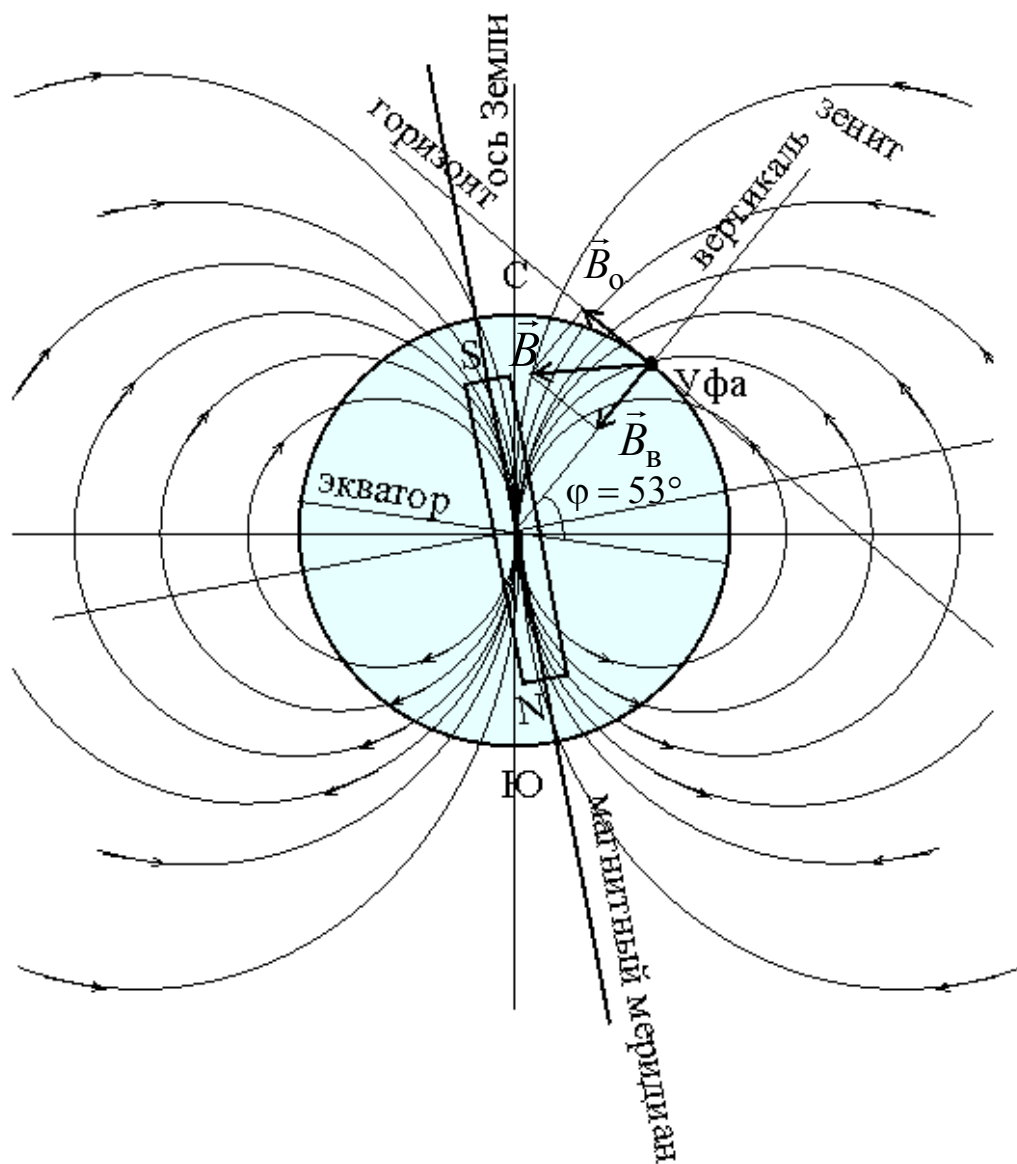


Рис. 2.3

На практике наиболее простым является измерение горизонтальной составляющей магнитного поля Земли. Вследствие этого, величину индукции магнитного поля в той или иной точке Земли часто характеризуют ее горизонтальной составляющей \vec{B}_0 .

2.3. Метод определения горизонтальной составляющей Земли с помощью тангенс гальванометра

Для измерения горизонтальной составляющей \vec{B}_0 магнитного поля Земли используется прибор, называемый тангенс гальванометром, основным элементом которого является обмотка, состоящая из нескольких круговых проводников, расположенная в вертикальной плоскости. В центральной части обмотки помещается магнитная стрелка с лимбом (рис. 2.4).

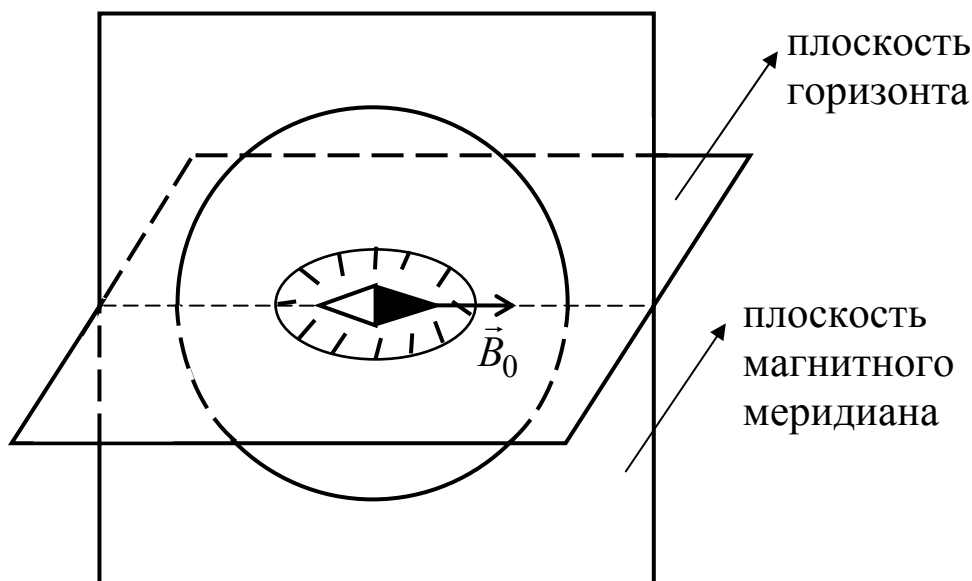


Рис. 2.4

Определение горизонтальной составляющей \vec{B}_0 магнитного поля Земли с помощью тангенс гальванометра основано на сравнении величины \vec{B}_0 с индукцией магнитного поля $\vec{B}_д$ в центре кругового тока, создаваемого обмоткой гальванометра. При отсутствии тока в обмотке тангенс гальванометра магнитная стрелка под действием горизонтальной составляющей \vec{B}_0 устанавливается в плоскости магнитного меридиана (рис. 2.4). Если установить параллельно магнитной стрелке плоскость кольца тангенс гальванометра, то при пропускании тока по его обмотке создается магнитное поле, вектор индукции которого $\vec{B}_д$ в центре кольца будет перпендикулярен вектору \vec{B}_0 (рис. 2.5).

Величина индукции магнитного поля, создаваемого обмоткой тангенс гальванометра в центре кольца равна

$$B_{\text{д}} = \mu_0 \frac{In}{2R}, \quad (2.6)$$

где n – число витков обмотки, R – радиус кольца тангенс гальванометра.

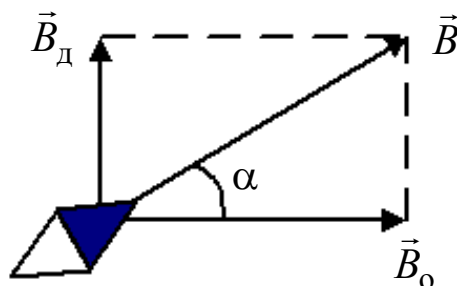


Рис. 2.5

В результате магнитная стрелка поворачивается на угол α и устанавливается по направлению результирующего поля, магнитная индукция которого равна

$$\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}_{\text{д}}. \quad (2.7)$$

Из рис. 2.5 следует, что

$$\text{tg } \alpha = \frac{B_{\text{д}}}{B_0}. \quad (2.8)$$

Таким образом, зная угол отклонения магнитной стрелки и величину индукции магнитного поля, создаваемого обмоткой тангенс гальванометра, можно вычислить горизонтальную составляющую магнитного поля Земли

$$B_0 = \frac{B_{\text{д}}}{\text{tg } \alpha}. \quad (2.9)$$

Принимая во внимание формулу (2.6), имеем

$$B_0 = \mu_0 \frac{In}{2R} \cdot \frac{1}{\text{tg } \alpha} = C \frac{I}{\text{tg } \alpha}, \quad (2.10)$$

где $C = \mu_0 \frac{n}{2R}$ – постоянная тангенс гальванометра.

3. Экспериментальная часть

3.1. Описание лабораторной установки

Схема лабораторной установки представлена на рис. 3.1.

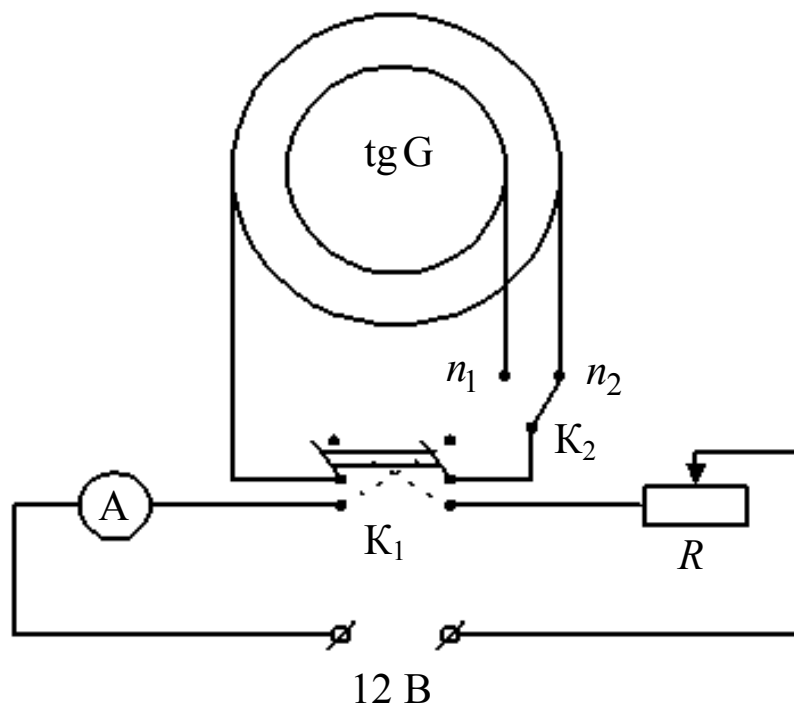


Рис. 3.1

Лабораторная установка состоит из:

1. Кольца из немагнитного материала, радиусом $R = 9,5$ см, на которое намотано несколько витков проволоки, образующих две обмотки с различным числом витков ($n_1 = 5$ и $n_2 = 10$).
2. Амперметра A для измерения тока, протекающего через обмотки.
3. Потенциометра R , предназначенного для изменения величины силы тока, протекающего по обмотке.
4. Ключа K_1 , предназначенного для изменения направления тока.
5. Ключа K_2 , позволяющего поочередно включать в цепь обмотки с числом витков n_1 и n_2 .

3.2. Требования по технике безопасности

1. Прежде, чем приступить к работе, ознакомиться с заданием и лабораторной установкой.
2. Проверить наличие заземления и правильность сборки схемы установки. В случае сомнения обратиться к преподавателю.

3. Во время работы нельзя прикасаться к оголенным участкам схемы, предварительно не обесточив установку.
4. Не загромождать рабочее место посторонними предметами.
5. После проведения эксперимента привести в порядок рабочее место. Обесточить все приборы и лабораторный стенд.

3.3. Порядок выполнения работы

1. Установить плоскость витков тангенс гальванометра в плоскости магнитного меридиана параллельно магнитной стрелке. Магнитная стрелка должна быть расположена по диаметру кольца.
2. Включить лабораторный стенд и приборы.
3. Ключ K_2 установить в положение $n_1 = 5$.
4. Подключить тангенс гальванометр к цепи. Для этого ключ K_1 установить в верхнее положение.
5. С помощью потенциометра R установить в цепи силу тока 100 мА.
6. Измерить угол отклонения α' магнитной стрелки.
7. Ключ K_1 установить в нижнее положение и определить угол отклонения α'' магнитной стрелки при другом направлении тока. Определение углов α' и α'' при двух направлениях тока уменьшает погрешность измерений.
8. Результаты измерений занести в таблицу.
9. Ключ K_2 установить в положение $n_2 = 10$ и повторить пп. 6, 7, 8.
10. Повторить измерения для значений силы тока 200 мА, 300 мА, 400 мА.
11. Вычислить постоянную тангенс гальванометра C и величину горизонтальной составляющей магнитного поля Земли B_0 . Определить среднее значение B_0 для $n_1 = 5$ и $n_2 = 10$ витков обмотки.
12. Вывести формулы для абсолютной и относительной погрешностей экспериментально определенной величины B_0 . Вычислить эти погрешности для средних значений B_0 .

Таблица

Число витков	Сила тока мА	Углы отклонения			Постоянная прибора	Горизонтальная составляющая магнитного поля	$\frac{\Delta B_0}{B_0}, \%$	$\Delta B_0, \text{Тл}$
		$\alpha',$ град	$\alpha'',$ град	$\alpha_{\text{ср}},$ град	$C, \text{Гн/м}^2$	$B_0, \text{Тл}$		
5	100							
	200							
	300							
	400							
10	100							
	200							
	300							
	400							

3.4. Требования к отчету

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Название и номер лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Основные формулы для выполнения измерений и расчетов.
4. Таблицу с результатами измерений и вычислений.
5. Формулы для расчета погрешностей.
6. Расчет погрешностей.
7. Выводы по работе.

4. Контрольные вопросы

1. Каков характер магнитного поля? Какую форму имеют силовые линии магнитного поля? Как определяется их направление?
2. Что такое элемент тока? Как определяется индукция магнитного поля, создаваемого элементом тока?
3. В чем суть принципа суперпозиции магнитных полей? Пользуясь этим принципом, вывести формулу для индукции магнитного поля в центре кругового тока.
4. Как можно представить магнитное поле Земли?
5. Что такое угол магнитного наклона?
6. Почему при определении местонахождения по компасу необходимо учитывать угол склонения?
7. Как устроен тангенс гальванометр, и каков принцип его работы?

8. В чем суть метода определения горизонтальной составляющей магнитного поля и постоянной тангенс гальванометра?

Список литературы

1. *Савельев И.В.* Курс физики. Т.2. – СПб.: Издательство «Лань», 2007.
2. *Детлаф А.А., Яворский Б.М.* Курс физики. – М.: Academia, 2008.
3. *Трофимова Т.И.* Курс физики. – М.: Высшая школа, 2008.
4. *Калашников Н.П., Смондырев М.А.* Основы физики. – М.: Дрофа, 2007.