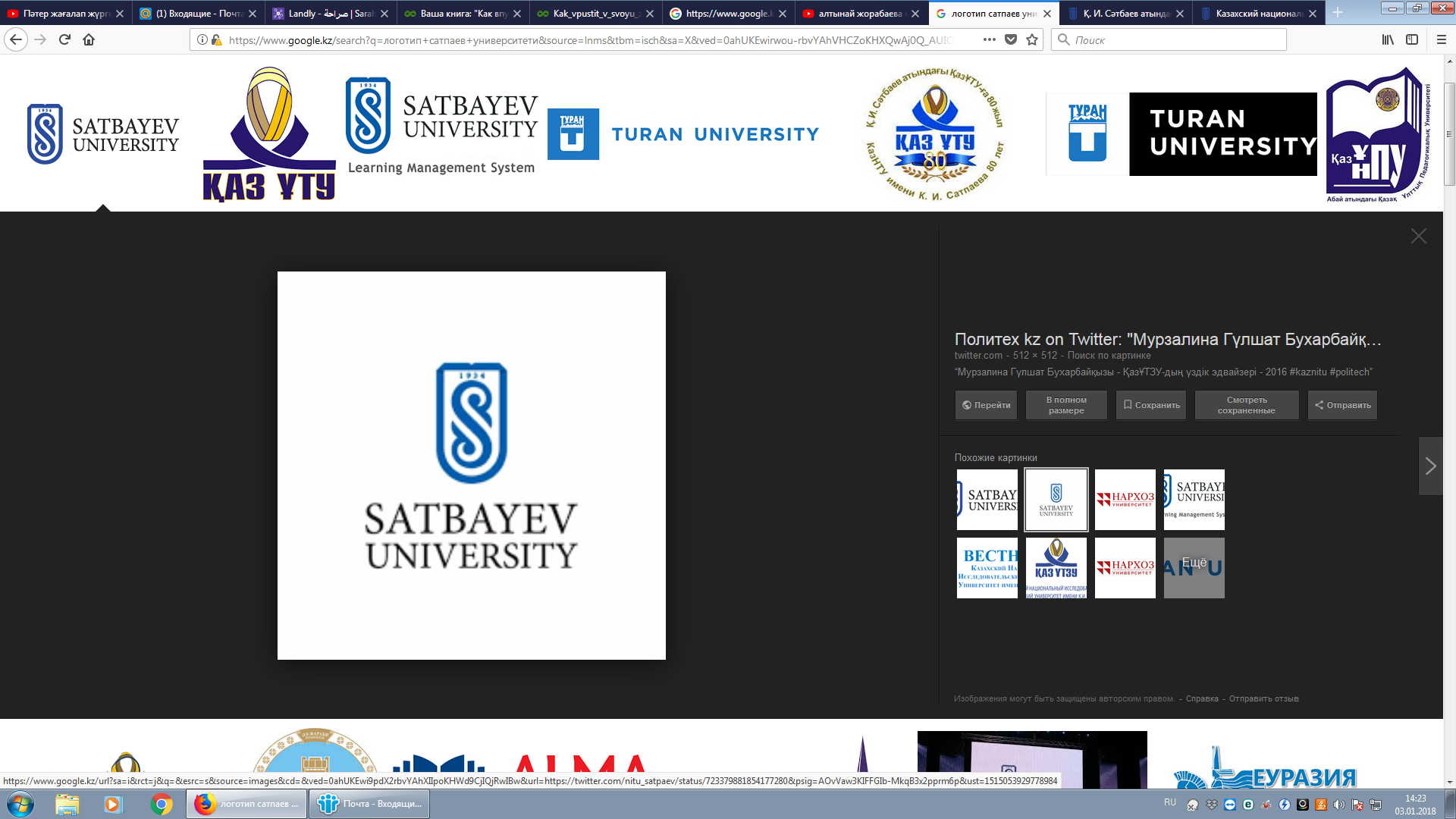
Министерство образования и науки Республики Казахстан

Казахский национальный исследовательский технический университет

имени К.И. Сатпаева

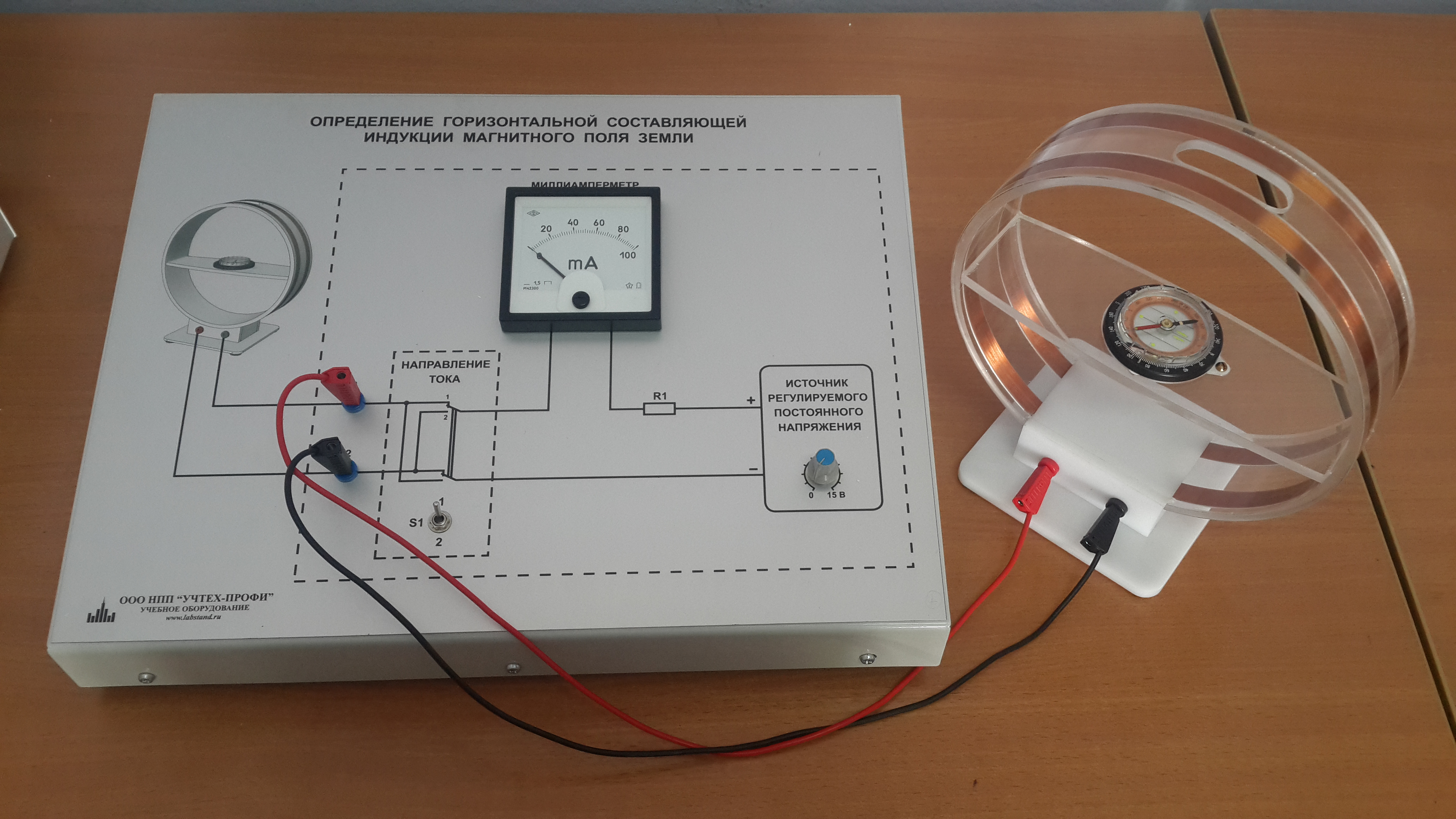


Институт промышленной инженерии имени А. Буркитбаева

Кафедра инженерной физики

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №13

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ИНДУКЦИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ



Методическое указание к лабораторному занятию

Алматы 2018

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ИНДУКЦИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ

**Цель работы**: определить горизонтальную составляющую индукции магнитного поля Земли.

**Оборудование**: моноблок «Определение горизонтальной составляющей индукции магнитного поля Земли» ЭиМ-М-Л5, модуль «Тангенс-гальванометр».

**1. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ВВЕДЕНИЕ**

*Элементом проводника с током* называется величина, где dl –бесконечно малый вектор, направленный вдоль проводника, совпадающий по направлению с вектором тока. Понятие элемента тока в магнетизме играет ту же роль, что и пробный заряд в электростатике.

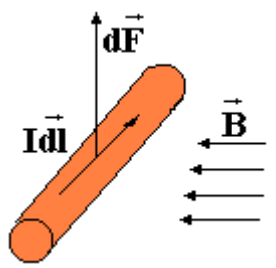


Рисунок 1. Сила, действующая на проводник с током.

Будем считать, что магнитное поле – это объективная реальность. Задача данной лабораторной работы - научиться его характеризовать, измерять и использовать. Для характеристики магнитного поля используют векторную величину – *индукция магнитного поля*.

Если там, где находится элемент тока, существует магнитное поле с индукцией, то оно действует на проводник с силой d(рис.1):

. (1)

Единица измерения магнитной индукции, исходя из (1):

.(2)

Однако принято другое определение.

1 тесла – единица (в системе SI) индукции магнитного поля, равная магнитной индукции однородного магнитного поля, в котором на плоский контур с током, имеющий магнитный момент 1 А·м2, действует максимальный вращающий момент равный 1 Н·м:

. (3)

Иногда величину магнитного поля выражают не в единицах SI– теслах (Тл), а в единицах СГС – гауссах (Гс).

Так же как в электростатике, в магнитостатике вводят дополнительный вектор, который называется *напряжённостью магнитного поля*.

В однородных изотропных средах:

. (4)

где *μ*–характеристика магнитных свойств среды, которую называют *магнитной проницаемостью среды*. Она показывает, во сколько раз индукция поля в среде больше индукции поля в вакууме. *μ0*–магнитная постоянная, равная:

*μ0*=4π·10-7Гн/м. (5)

Таблица 1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Величина | SI | СГС |
| Индукция | 1 тесла = 104 Гс | 1 гаусс = 10-4 Тл |
| Напряжённость | 1 ампер/метр = 0,0126 Э | 1 эрстед = 79,5775 А/м |

Индукция магнитного поля и напряженность электрического поля являются основными характеристиками электромагнитного поля, так как определяют силу, действующую на движущуюся заряженную частицу – *силу Лоренца*:

.(6)

Направление силы Лоренца определяется правилом левой руки (рис. 2).

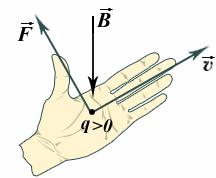


Рисунок 2.Определение направления силы Лоренца.

Модуль магнитной составляющей силы Лоренца равен:

*F=|q|υBsinα.*(7)

где α – угол между векторами скорости и магнитной индукции.

Движением заряженных частиц в магнитном поле Земли, которое сопровождается излучением, объясняет красивейшее явление, которое наблюдается в высоких широтах – северное (полярное) сияние.

***Магнитное поле Земли****.* Земля обладает собственным магнитным полем, или, по выражению Гилберта: «Земля – большой магнит». Магнитное поле Земли до расстояний *3R* (R– радиус Земли) соответствует приблизительно полю однородно намагниченного шара с напряжённостью поля 55,7 А/м (0,70 Э) у полюсов и 33,4А/м (0,42 Э) на экваторе. Индукция геомагнитного поля убывает от магнитных полюсов к магнитному экватору от 70 до 40 мкТл. На больших расстояниях поле Земли имеет более сложное строение. Магнитная ось наклонена к географической оси примерно на 11,5°.

Наличие у Земли магнитного поля объясняют процессами, протекающими в жидком металлическом ядре Земли.

|  |  |
| --- | --- |
| *Составляющие земного магнетизма.*    Рисунок 3.Составляющие земного магнетизма. | Полное представление о величине магнитного поля Земли в данной точке можно получить, зная значения трёх величин, называемых элементами земного магнетизма: значение горизонтальной составляющей индукции магнитного поля, значения магнитного склонения и магнитного наклонения.  *Магнитное склонение* (на рис.3) – угол D между географическим и магнитным меридианами в точке земной поверхности. Магнитное склонение считается положительным, если северный конец магнитной стрелки отклонён к востоку от географического меридиана, и отрицательным - если к западу. |

Значение магнитного склонения указывается на магнитных картах и используется для определения истинного меридиана по показанию магнитного компаса.

*Магнитное наклонение* (на рис.3**)** – угол *I* между магнитной силовой линией и горизонтальной плоскостью. На магнитных полюсах Земли, а также в районах крупных магнитных аномалий магнитное наклонение равно 90°.

Направление магнитных силовых линий устанавливается с помощью магнитной стрелки (компаса). Если подвесить магнитную стрелку на нити так, чтобы точка подвеса совместилась с центром тяжести, то стрелка установится по направлению касательной к силовой линии магнитного поля Земли, на рис.3 – направление *Т.* Вертикальная плоскость, проходящая через ось установившейся магнитной стрелки, называется *плоскостью геомагнитного меридиана*.

Проекция вектора магнитной индукции на плоскость горизонта представляет *горизонтальную составляющую магнитной индукции магнитного поля*. Эта проекция, как и вектор магнитной индукции, лежит в плоскости магнитного меридиана. Проекция вектора на ось ОХ называется *северной составляющей* и обозначается *Вх,* проекция на ΟΥ – *восточной составляющей* и обозначается *By,* а на ось OZ – *вертикальной составляющей Bz:*

. (8)

Если магнитная стрелка тангенс - гальванометра может свободно вращаться лишь вокруг вертикальной оси, то она будет устанавливаться под действием горизонтальной составляющей магнитного поля Земли в плоскости магнитного меридиана.

В данной работе для измерения горизонтальной составляющей магнитной индукции магнитного поля Земли используется тангенс-­гальванометр.

Тангенс - гальванометр состоит из катушки, в центре которой на вертикальной оси располагается магнитная стрелка. Стрелка может свободно вращаться внутри круглой коробки с прозрачной крышкой (компас). По контуру дна коробки намечена круговая шкала, проградуированная в угловых градусах.

Катушка состоит из N витков и её диаметр значительно больше длины стрелки. Если в катушке течёт ток *I*, то в её центре возникает магнитное поле, индукция которого равна:

*,*(9)

где *r* – радиус катушки.

Векторперпендикулярен плоскости катушки. Если расположить плоскость катушки тангенс-гальванометра в плоскости магнитного меридиана, то магнитная стрелка устанавливается в направлении результирующего поля(рис. 4).

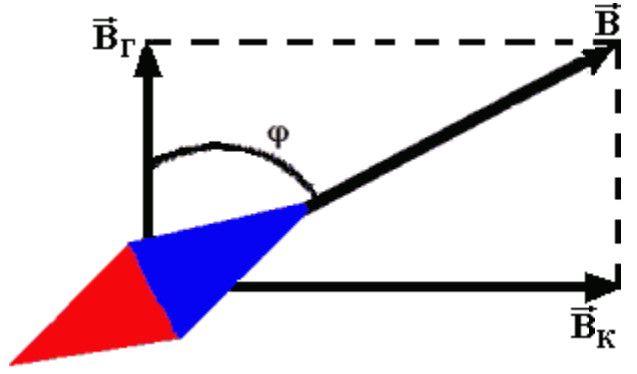


Рисунок 4. Направление магнитной стрелки Тангенс - гальванометра.

Согласно принципу суперпозиции, это поле равно векторной сумме слагаемых полей: горизонтальной составляющей индукции магнитного поля Землии магнитной индукции катушки.

Из рис.4 видно, что:

. (10)

Из уравнений (9) и (10) получим:

. (11)

**2. ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ**

Для определения горизонтальной составляющей магнитной индукции магнитного поля Земли используется моноблок ЭиМ-М-Л5, модуль «Тангенс гальванометр» (рис. 5).

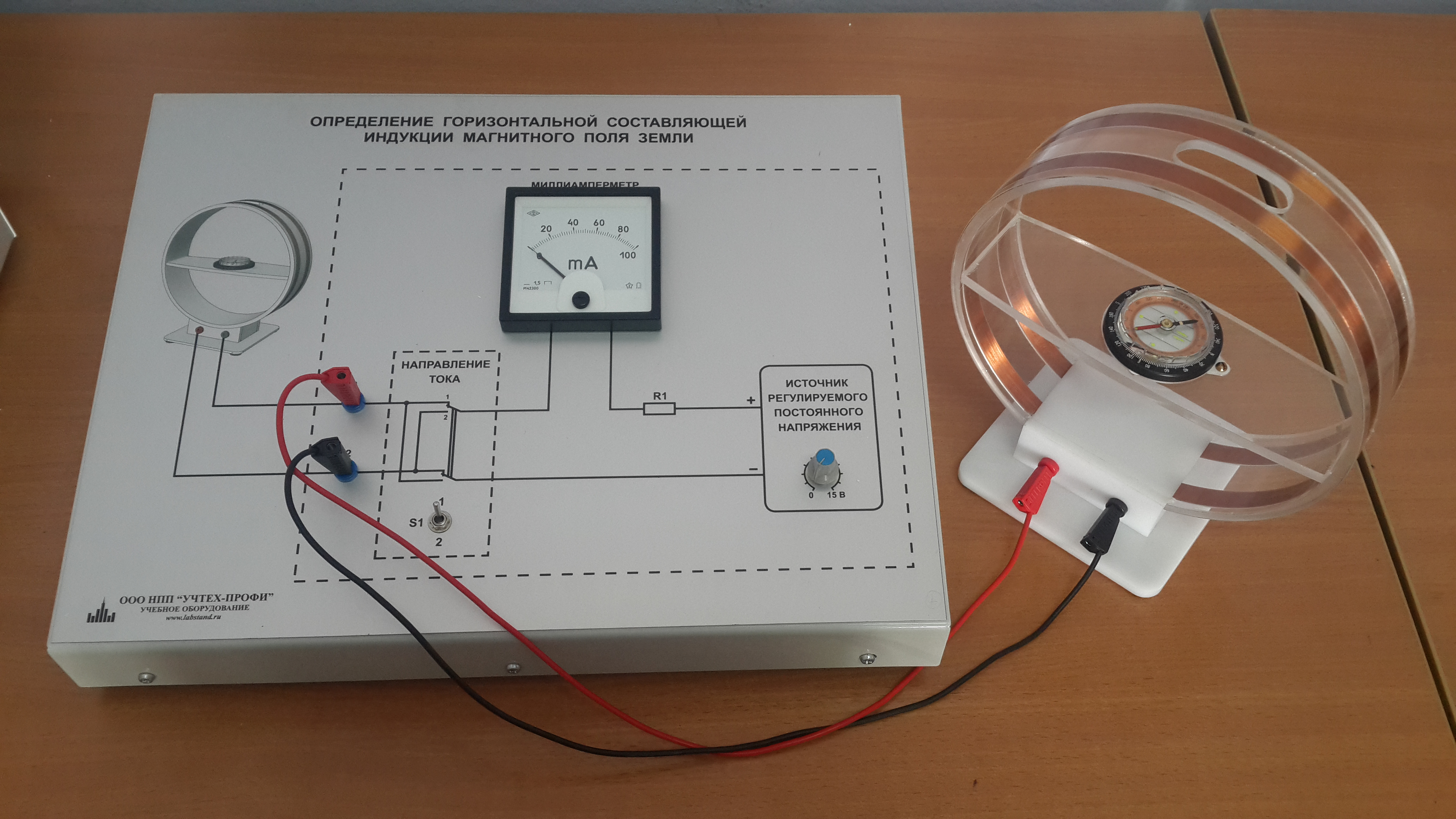


Рисунок 5. Лабораторная установка «Определение горизонтальной составляющей

магнитной индукции магнитного поля Земли».

Моноблок содержит:

* регулируемый источник постоянного напряжения в диапазоне от 0 до +15В;
* переключатель направления тока;
* миллиамперметр;
* на лицевой панели - рисунок функциональной схемы проведения измерений для определения горизонтальной составляющей индукции магнитного поля Земли.

Модуль «Тангенс-гальванометр» состоит из катушки, в центре которой на вертикальной оси располагается магнитная стрелка. Стрелка может свободно вращаться вокруг вертикальной оси. Имеется круговая шкала, проградуированная в угловых градусах. Параметры модуля: D=198 мм – диаметр катушки; N=62 – число витков.

Электрическая схема измерений в лабораторной установке показана на рисунке 6.

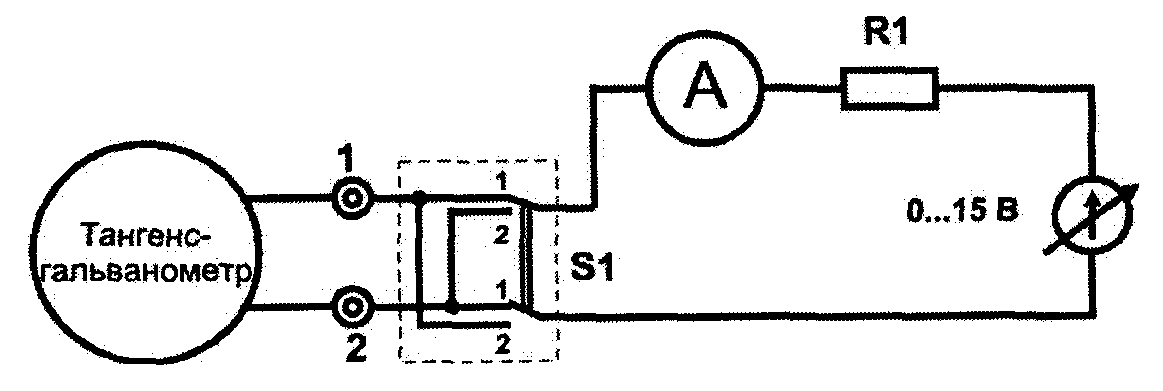
**

Рисунок 6. Схема лабораторной установки.

**3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

1. Подключите модуль «Тангенс-гальванометр» к гнёздам 1 и 2 моноблока ЭиМ-М-Л5. «Тангенс-гальванометр» должен быть расположен подальше от моноблока и других приборов, которые могут иметь собственные достаточно сильные электромагнитные поля.
2. Установите плоскость катушки «Тангенс - гальванометра» в плоскости магнитного меридиана Земли, чтобы магнитная стрелка расположилась в плоскости витков катушки, указывая при этом на С и Ю.
3. Регулятор напряжения установите в крайнее левое положение (минимальное напряжение).
4. Включите моноблок кнопкой «Сеть» на левой боковой поверхности корпуса.
5. Поставьте переключатель S1 в положение 1. Регулятором напряжения установите такой ток в цепи, чтобы стрелка отклонилась не менее, чем на 5°. Дождитесь, когда стрелка придёт в равновесие, и зафиксируйте её угол отклонения.
6. Поставьте переключатель S1 в положение 2 и также зафиксируйте угол отклонения стрелки.

Это необходимо для нахождения средне арифметического значения угла отклонения магнитной стрелки, т.к. всегда имеется неточность в установлении витков «Тангенс -гальванометра» в плоскости магнитного меридиана.

1. Постепенно увеличивая ток в цепи, выполните п.5-6 не менее  
   10 раз, но не более, чем для углов отклонения 70°.

Все результаты занести в таблицу.

8. Выключите моноблок кнопкой «Сеть» на левой боковой поверхности корпуса.

Таблица

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| n | I, мА | φ+ | φ- |  |  | мкТл | ΔВГ, мкТл | , мкТл |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 9 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Среднее | | | | | |  |  |  |

9. По формуле (11) рассчитайте горизонтальную составляющую магнитного поля Земли для каждого случая. Результаты запишите в таблицу.

10. Рассчитайте среднее значение индукции *ВГ* и отклонение от среднего ΔВГ, для каждого случая. Результаты запишите в таблицу.

11. Вычислите абсолютную погрешность по формуле:

,

где n– число экспериментов, –коэффициент Стьюдента.

12. Запишите результат: *ВГ =Г ±В.*

13. Сравните полученные данные со значениями международной модели главного магнитного поля Земли (см. приложение).

**4. ЛИТЕРАТУРА**

1. Калашников, С.Г. Электричество/С.Г. Калашников. - 6-е изд., стер. - М: ФИЗМАТЛИТ, 2004. - 624с.

2. Савельев, И.В. Курс общей физики. В 5-ти тт., Т.2. Электричество и магнетизм. Учебное пособие для студ. вузов/ И.В.Савельев. - 5-е изд., стер. - СПб: Лань, 2011. - 352с.

**5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Характеристики магнитного поля.
2. Закон Био – Савара - Лапласа.
3. Назовите характеристики магнитного поля и их единицы измерения в СИ.
4. Дайте определение элементам земного магнетизма.
5. Объясните устройство и принцип действия тангенс - ­гальванометра.
6. Объясните методику определения горизонтальной составляющей магнитной индукции магнитного поля Земли.

Приложение

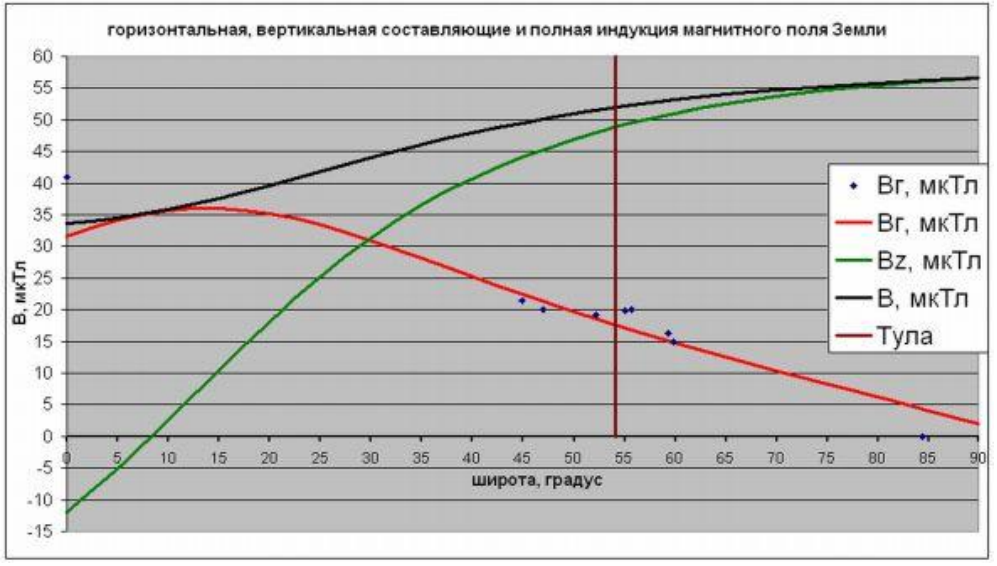
Значения магнитного поля Земли в разных городах (данные собраны из разных источников, не всегда достоверных)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | Вг, мкТл | Вв, мкТл | В,мкТл |
| экватор |  | 41,00 |  | 41,00 |
| Симферополь | 44°56'53" с. ш. 34°0б'15" в. д. | 21,36 |  |  |
| Мариуполь | 47°07'50" с. ш. 37°33'50'' в. д. | 19,99 |  |  |
| Иркутск | 52°17'00'' с. ш. 104°18'00" в. д. | 19,22 |  |  |
| Тула | 54о12'00" с. ш. 37°37'00" в. д. |  |  |  |
| Челябинск | 55°09'00" с. ш. 61°24'00" в. д. | 19,78 |  |  |
| Москва | 55°45'20.83" с. ш. 37°37'03.48" в. д. | 20,00 | 50.00 | 53,85 |
| Эстония (Таллинн) | 59°26'00" с. ш. 24°45'00" в. д. | 16,34 |  |  |
| Санкт-Петербург | 59°57'00" с. ш. 30°19' 00"в. д. | 14,92 | 50,09 | 52.26 |
| полюс магнитный | 84°54'00" с.ш. 131°00'00"з.д. | 0.00 | 66,00 | 66,00 |

**Международная модель главного магнитного поля Земли на декабрь 2012 год**

**для 37°37'00" в. д. высота над уровнем моря-170-204 м**

URL: <http://serv.izmiran.ru/cgi-bin/igrf-11a.py>

****