Лабораторная работа 2.10

“ Определение горизонтальной составляющей   
 магнитного поля Земли”  
1.Магнитное поле и его свойства.  
Магнитный свойства веществ были открыты   
 и использованы (в виде магнитной стрелки)   
еще в Vl в. до н. э. Систематические исследования магнетизма   
 начались в XVl в. и продолжаются по сей день.   
 В результате исследований было установлено:

1. Магнит имеет два полюса: северный N и южный S  
 и нейтральную зону, которая почти не прояв-  
ляет магнитных свойств.

2.Магнитные полюса невозможно отделить друг от друга   
( в отличие от положительных и отрицательных зарядов).   
 Если магнит разрушать по нейтральной зоне,   
получается два новых магнита. (с.1)

3. Одноименные полюса отталкиваются, а разноименные –

притягиваются. На этом свойстве основано действие

магнитной стрелки, которая сама является маленьким

магнитом.

4.Магнетизм и электричество неразрывно связаны друг   
 с другом. Магнитное поле образуется вокруг движущихся   
 зарядов и проводников с током (а электрическое   
- вокруг движущихся и покоящихся зарядов).  
 5.Магнитное поле является силовым. Основным его   
свойством является способность действовать с некоторой   
 силой F на движущиеся заряды и проводники с током  
 (а также на магнитную стрелку и др. магниты).   
 Заметим, что электрическое поле действует   
как на движущиеся так и на покоящиеся заряды) (с. 2).

6. Силовой характеристикой магнитного поля является   
 индукция магнитного поля. Сила, с которой магнитное   
поле действует на проводник с током J длиной l равна:   
 F = J\*B \*l\*sin(l, B)

где - (l,B) угол между проводником и вектором магнитной   
индукции В (иначе говоря между направлениями тока   
 и поля).

Из формулы (1) можно выяснить физический смысл   
 магнитной индукции B, если величинам J, l, sin(l, B) придать   
значение, равное 1. Тогда вектор магнитной индукции B   
 равен силе, действующей со стороны поля на единицу длины   
 проводника, по которому течет электрический ток   
 единичной силы, при условии, что проводник расположен перпендикулярно полю. Г рафик: (с. 3)

Значение и направление магнитной индукции поля,   
созданного током, зависят от силы тока, длины   
 и конфигурации проводника и других параметров.  
 Индукция dB, созданная элементом тока J d l выражается   
 законом Био-Савара-Лапласа:  
 dB= U U / 4П \* Jd l \*sin (d l, r) / r ²  
 где U - магнитная проницаемость вещества,   
 в котором находится точка поля, показывающая,   
во сколько раз индукция поля в веществе больше   
 или меньше, чем в вакууме, U о = 4 П ⋅ 10Г /м -   
магнитная постоянная, Jd l - элемент тока, r -   
 расстояние от элемента тока до точки поля А,   
 в которой определяется индукция dB (рис. 2),   
(dl,r) - угол между векторами. Обозначим его a.   
 Запишем закон Био-Савара-Лапласа в век-  
торной форме (с. 4)  
dB= U U 0 / 4П \* J [dl \*r] / r³ [d l \* r] Из (3) видно, как направлен вектор d B   
(как векторного произведения векторов d l и r).  
 Вектор магнитной индукции dB перпендикулярен  
плоскости, в которой лежат векторы d l и r направлен   
так, что вращение от d l к r кажется происходящим   
из его конца против часовой стрелки.  
 На чертеже вектор dB перпендикулярен плоскости   
чертежа и направлен к нам. Впрочем, есть более простой   
метод определения направления dB и B, основанный   
на правиле буравчика. Полная магнитная индукция,   
созданная всей длиной проводника равна

B = ∫d B (с. 5)

Магнитная индукция измеряется в теслах ( Тл).

Из (2) видно, что значение индукции Bзависит   
 от магнитных свойств Среды (посредством U).   
 Эта зависимость создает неудобства при переходе поля   
 из одного вещества в другое. Поэтому ввели еще одну,   
дополнительную характеристику магнитного поля   
- напряженность H, которая не зависит от свойств среды   
и связаны с индукцией B соотношением:

H = B / U \*U0

Измеряется напряженность в амперах на метр (А/м).

направлена так же как и B .   
 Тогда закон Био-Савара-Лапласа для напряженности

d H запишется:

D H = 1 / 4П \* J d l / r ² \* sin(dl, r)

H = f dH (с. 6)

Магнитное поле изображается графически   
 с помощью магнитных силовых линий.  
 Магнитной силовой линией называется линия,   
 касательная к которой в каждой точке совпадает   
с направлением вектора магнитной индукции  
 (или напряженности H).  
 Направление магнитной силовой линией поля,   
 созданного током, определяется правилом буравчика:  
 Если буравчик, ввинчивать в направлении тока,   
 то движение рукоятки покажет направление магнитных   
силовых линий.  
 На рис. 3 показано магнитное поле прямого   
и кругового токов.  
 Силовые линии представляют собой концентрические   
 окружности, в центре которых находится ток.  
 Силовые линии магнитного поля всегда замкнуты   
(в отличие от электрического). (с. 7)

Определим величину и направление вектора   
 напряженности H в центре кругового тока. Для этого воспользуемся формулой:   
 H = ∫d H=∫ 1/4П \* Jdl/r ² \* sin(d l, r)

Из чертежа видно, что, dl перпендикулярен rd l,   
 следовательно sin(d l, r)=1,   
 поэтому можно вынести за знак интеграла,   
 H= 1/4П \* J/r ² ∫ dl = 1/4П \* J/r ² \* 1 =   
= 1/4П \* J/r ² \* 2П r = J/ 2r

d l - элемент длины проводника,   
 l = 2 П r - длина проводника.  
 H = J / 2r (с. 8)

Это 1 понадобится для лабораторной работы  
Направление вектора Bи Hв центре кругового тока   
 можно определить как касательную к силовой   
 линии (пунктир). Видно, что вектор B и H направлены   
перпендикулярно чертежу - от нас.  
 Дадим определение единиц измерения индукции B  
 и напряженности H  
 1. Тесла равен магнитной индукции, при которой  
 через поперечное сечение площадью 1 м² проходит   
магнитный поток в 1 Вебер (В б).   
 Это определение вытекает из формулы B=Ф m /S,   
 где Ф m - магнитный поток,   
S - площадь, пронизанная им. (с. 9)

Ампер/метр = напряженности магнитного поля   
в центре длинного соленоида, по которому проходит ток  
 силой J = 1/n A   
 где n - число витков на единицу длины соленоида.   
(Напряженность внутри соленоида H=Jn).  
  
 Магнитное поле Земли.  
 Земля обладает гравитационным магнитным   
и электрическим полем.  
 Исследования магнитного поля Земли показали, что   
 Земля представляет собой гигантский магнит в виде   
намагниченного шара или диполя (полюсового магнита).

Природа земного магнетизма до конца не выяснена.

Делали попытки объяснить его присутствием

ферромагнитных материалов в коре Земли, наличием

в ядре Земли токов и т. д. Наиболее подходящей

является гипотеза, согласно которой в электро-

проводящем жидком ядре Земли могут происходить (с. 10)

достаточно интенсивные движения, приводящие

к самовозбуждению магнитного поля.

В качестве причин, вызывающих движения, называются

архимедовы силы, обусловленные небольшими

неоднородностями плотностями в ядре и силы инерции.

Магнитное поле Земли является ловушкой   
 для космических лучей - частиц (протонов, электронов,   
позитронов, - частиц), прилетающих из космоса   
 и пролетающих в околоземном пространстве.   
Скопление этих частиц создали два радиационных   
 пояса вокруг Земли.  
 Магнитное поле Земли притягивает к себе частицы,   
низвергаемые из недр Солнца (солнечный ветер)   
 и взаимодействие солнечного ветра с атмосферой Земли   
приводит к полярным сияниям. Поскольку магнитное   
 поле сильнее вблизи полюсов, полярные сияния   
 наблюдаются в северных и южных широтах. (с. 11)

Сильное возмущение магнитного поля в период большой солнечной активности приводит к магнитным бурям.  
 Магнитное поле Земли является неоднородным.   
 Его напряженность возрастает от экватора Земли   
к полюсу с 33.4 А/м до 55.7 А/м.  
 Отклонение значения напряженности магнитного   
 поля от нормального называется магнитной аномалией:   
 она обусловлена остаточной намагниченностью земных   
 пород (в основном ферромагнетиков), намагниченных   
в период их образования из раскаленной магмы, сотни   
 миллионов лет назад.  
 Магнитное поле Земли исследуют с помощью маг-  
 нитной стрелки, которая в свободном состоянии (или   
 будучи подвешена на нити) устанавливается   
 по касательной к магнитной силовой линии. (с. 12)

На полюсе стрелка устанавливается перпендикулярно   
 поверхности Земли, а на экваторе - параллельно.   
Северный полюс магнитной стрелки указывает на   
 северный географический полюс и на южный магнитной   
полюс.

Географическим полюсом называется точка пересечения   
поверхности Земли с осью вращения Земли, а магнитным   
- с магнитной осью. Исследования показывают, что географической и магнитный полюса не совпадают.   
 Угол наклона между осью вращения и магнитной осью   
(он называется углом склонения) составляет 11.5гр.

что соответствует расстоянию между географическим  
 и магнитным полюсами 1200 км на поверхности Земли.

Положение магнитного полюса меняется: так 700 млн.   
лет назад Северный магнитный полюс находился у берегов   
Калифорнии, затем двигался на юг, на запад и в течение   
последних 200 - 300 млн. лет прошел поперек Тихого   
океана, оказался у берегов Японии, (с. 13)

а потом повернул на север. Перемещение магнитных   
 полюсов обусловлено перемещением материков   
 в прошлом.  
 Постановка задачи и описание метода.  
 Целью работы является измерение горизонтальной   
 составляющей напряженности магнитного поля Земли.   
Горизонтальной составляющей напряженности магнитного   
 поля Земли H(гор) называется проекция напряженности   
 магнитного поля Земли Hз на горизонтальную   
плоскость (pис 5).   
 Она определяется методом тангенса гальва-  
нометра, который представляет собой вертикальную   
 катушку, состоящую из n витков.

В центре катушки в ее горизонтальной плоскости   
укреплен компас, магнитная стрелка которого   
 в отсутствие тока будет подвергаться действию  
 только магнитного поля Земли, вернее,   
 его горизонтальной составляющей H (гор) (с. 14)

При пропускании тока по катушке возникает магнитное   
поле тока напряженностью H перпендикулярно плос-  
кости катушки. Теперь стрелка подвергается действию   
двух магнитных полей - земного и поля тока,   
поэтому она установится вдоль равнодей-  
ствующей H этих полей: Н(гор) и Н(1)

Если плоскость катушки установить в плоскости   
магнитного меридиана (стрелка компаса указывает   
на 0), то Н(гор) перпендикулярно Н1,   
и тогда из прямоугольного треугольника можно   
найти Н(гор) (Рис. 4).  
tg ф = A1 / Ha

H(a) = H 1 / tg ф

т. к. катушка содержит n витков, то   
H(1) = nJ / 2r

(см. формулу (9)), следовательно  
H (зем) = n J / 2 r t g ф (с. 15)