

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ**  
**ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**«ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)**  
**Кафедра Физики**

**ОТЧЕТ**  
**по лабораторной работе №16**  
**по дисциплине «Физика»**  
**Тема: «Измерение магнитного поля Земли»**

Студент гр. 9492

\_\_\_\_\_ Скотаренко Д.Д.

Преподаватель

\_\_\_\_\_ Альтмарк А. М.

Санкт-Петербург

2020

## Цель работы.

Изучение явления электромагнитной индукции; измерение индукции магнитного поля Земли.

## Приборы и принадлежности:

Измерительная установка с вращающейся катушкой и интегрирующим усилителем.

## Основные теоретические положения:

Факт существования магнитного поля Земли известен давно, однако развитой количественной теории этого поля в настоящее время не существует: предполагается, что главным источником поля являются вихревые токи в жидком ядре Земли. В первом приближении геомагнитное поле соответствует полю намагниченного шара, Северный полюс которого находится в Южном полушарии Земли, а Южный полюс – в Северном. Линии индукции магнитного поля Земли представляют собой замкнутые кривые, которые выходят из центра Земли через Южное полушарие, огибают поверхность Земли и через Северное полушарие возвращаются к центру.

В данной работе определение индукции магнитного поля основывается на использовании явления электромагнитной индукции. При повороте контура, состоящего из  $N$  витков, в однородном магнитном поле с индукцией  $B$  в нем наводится электродвижущая сила (ЭДС) электромагнитной индукции

$$E_i = \frac{d\psi}{dt},$$

где  $\psi = N\phi$  — полный магнитный поток (потокосцепление), сцепленный с контуром;

$\phi = \vec{B} * \vec{S} = B * S * \cos\alpha$  — поток вектора  $\vec{B}$  через плоскую поверхность площадью  $S$ , охватываемую контуром;  $\vec{S} = S \vec{n}$  — вектор, равный  $S$  по модулю и направленный по нормали к этой поверхности;  $\vec{n}$  — единичный вектор (орт) нормали;  $\alpha$  — угол между векторами  $\vec{B}$  и  $\vec{n}$ .

Возникающая ЭДС индукции вызывает в контуре сопротивлением индукционный ток

$$i = \frac{\varepsilon_i}{R} = \frac{-1}{R} \frac{d\psi}{dt} = \frac{-N}{R} \frac{d\phi}{dt}$$

(Ток определяется указанной формулой, если время переходного процесса в контуре индуктивностью  $L$  много меньше времени его поворота в магнитном поле. В работе это условие выполняется.) При этом через поперечное сечение проводников контура за время его поворота  $t$  переносится заряд

$$Q = \int_0^t i dt$$

Если в цепь контура включить конденсатор емкостью  $C$ , то за время  $t$  напряжение на его обкладках изменится на величину

$$U = \frac{Q}{C} = C^{-1} \int_0^t i dt$$

или, с учетом выражения для индукционного тока,

$$U = \frac{Q}{C} = C^{-1} \int_0^t \left( \frac{-N}{R} \frac{d\phi}{dt} \right) dt = \frac{-N}{CR} \int_{\phi_1}^{\phi_2} d\phi = \frac{-N}{CR} (\phi_2 - \phi_1)$$

здесь  $\phi_1$  – поток вектора  $B$ , пронизывающий контур в его начальном положении, а  $\phi_2$  – в конечном.

При повороте контура на  $180^\circ$  нормаль также повернется на  $180^\circ$ , тогда  $\phi_2 = BS \cos(180^\circ + \alpha) = -BS \cos \alpha = \phi_1$  и

$$U = \frac{2\phi_1 N}{CR}$$

Выбрав начальное положение контура так, что  $\alpha = 0$  (векторы  $\vec{B}$  и  $\vec{n}$  параллельны), получим  $\phi_2 = BS$  и

$$U = \frac{2NBS}{CR}$$

Используя это соотношение, по заданным  $N$ ,  $C$ ,  $R$ ,  $S$  и измеренной величине  $U$  можно рассчитать значение индукции  $B$ .

### Теоретические вопросы

Вопрос №61: Что такое гистерезис? Нарисуйте пример петли гистерезиса для ферромагнетиков. Укажите характерные точки на петле гистерезиса.

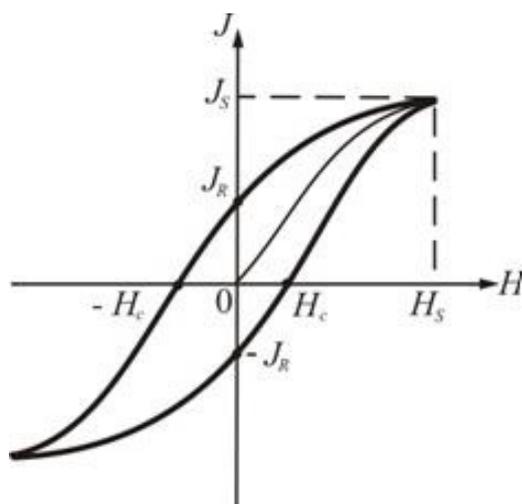
Гистерезис – свойство систем, мгновенный отклик которых на приложенные к ним воздействия зависит в том числе и от их текущего

состояния, а поведение системы на интервале времени во многом определяется её предысторией.

Магнитный гистерезис — явление зависимости вектора намагниченности и вектора напряжённости магнитного поля в веществе не только от приложенного внешнего поля, но и от предыстории данного образца.

Магнитный гистерезис обычно проявляется в ферромагнетиках — Fe, Co, Ni и сплавах на их основе. Именно магнитным гистерезисом объясняется существование постоянных магнитов.

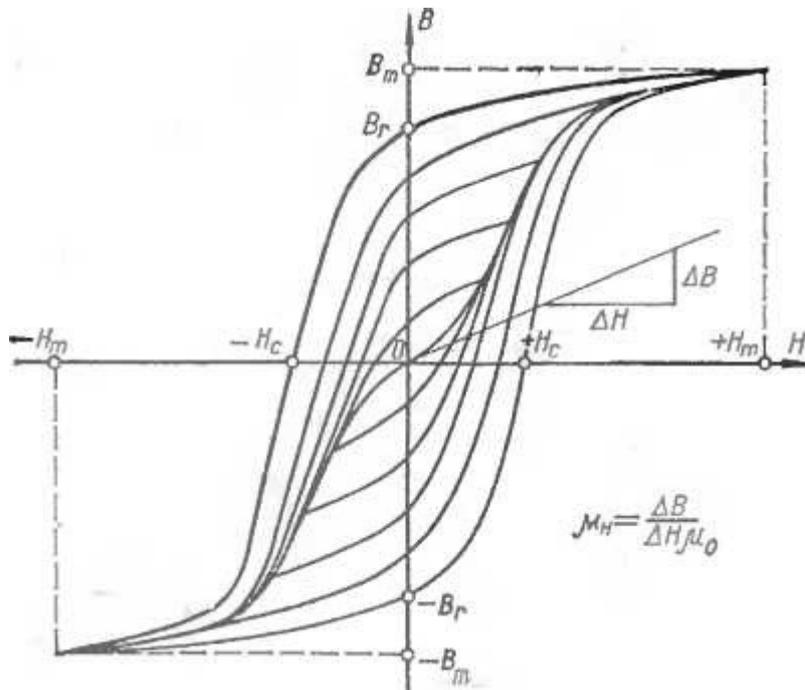
На рисунке показана петля гистерезиса – график зависимости намагниченности вещества от напряжённости магнитного поля  $H$ :



Намагниченность  $J_s$  при  $H = H_s$  называется намагниченностью насыщения  
Намагниченность  $\pm J_R$  при  $H = 0$  называется остаточной намагниченностью (этим обусловлено существование постоянных магнитов)

Напряжённость  $\pm H_c$  магнитного поля полностью размагниченного ферромагнетика называется коэрцитивной силой. Она характеризует способность ферромагнетика сохранять намагниченное состояние.

Вопрос №66: Что такое динамическая петля магнитного гистерезиса?



Динамическая петля гистерезиса – это график нескольких циклов размагничивания-перемагничивания ферромагнетика, где отражаются потери намагниченности от многократного перемагничивания