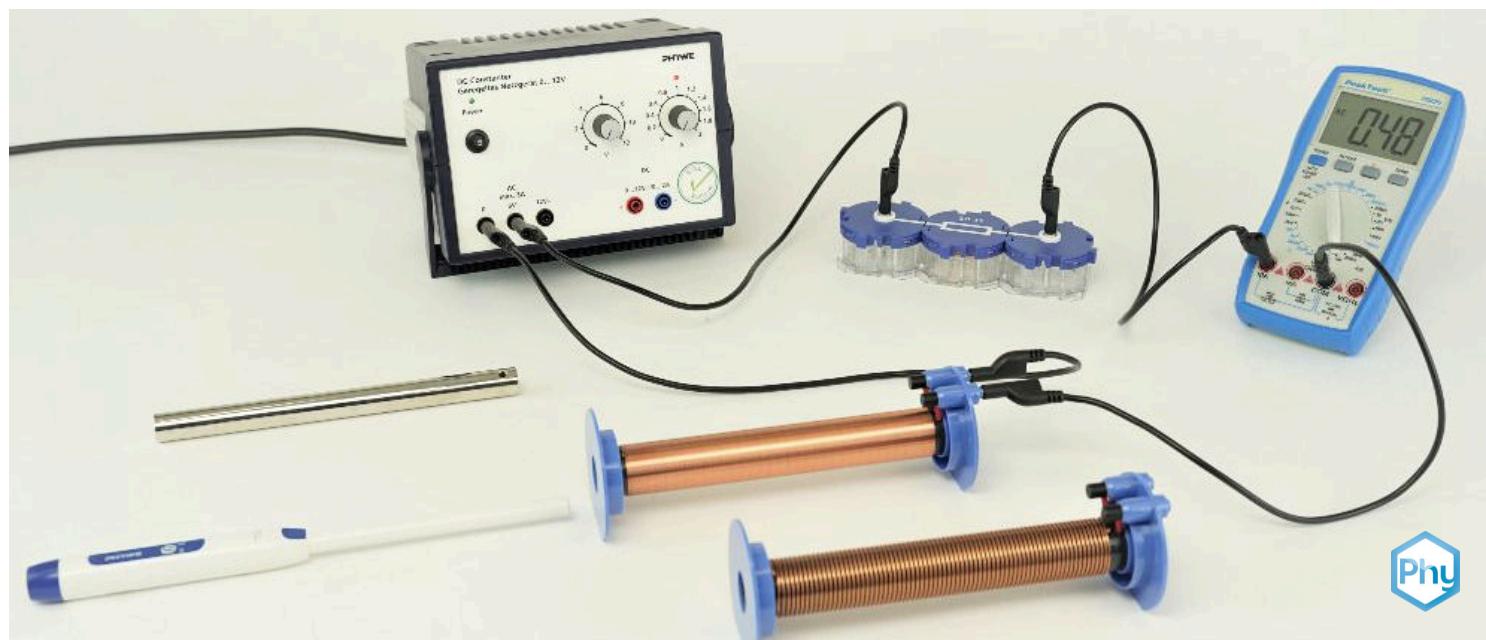


Магнитная проницаемость с Cobra SMARTsense



Физика

Электричество и магнетизм

Электромагнетизм и индукция



Уровень сложности

средний



Кол-во учеников

2



Время подготовки

10 Минут



Время выполнения

20 Минут

This content can also be found online at:

<http://localhost:1337/c/5f3fc270c4aee80003f36418>

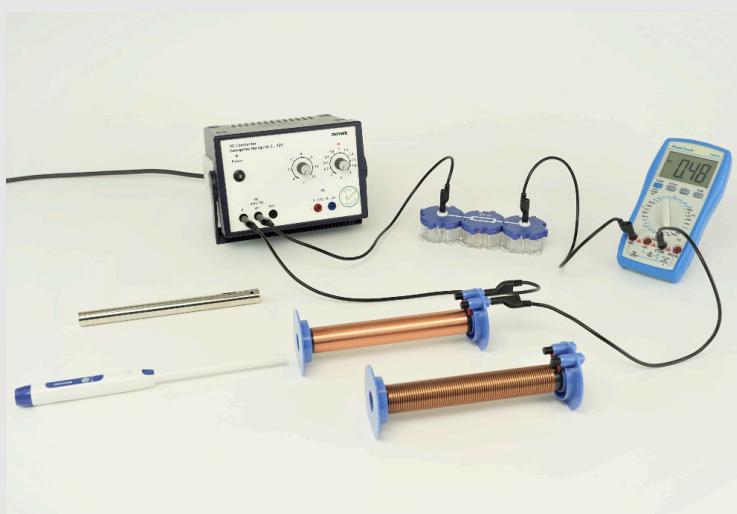
PHYWE



Информация для учителей

Описание

PHYWE



Экспериментальная установка

Чтобы увеличить плотность магнитного потока и, таким образом, индукцию магнитного поля в трансформаторах, в катушки трансформатора обычно вставляют сердечники из мягкого железа.

Относительная магнитная проницаемость воздуха равна единице, в то время как относительная магнитная проницаемость железных сердечников намного больше единицы. Это означает, что плотность магнитного потока катушки с железным сердечником возрастает во столько же раз что и относительная магнитная проницаемость железа. Магнитная проницаемость зависит от намагниченности материала.

Дополнительная информация для учителей (1/2)



предварительные знания



Принцип



Ученики должны знать закон электромагнитной индукции и быть знакомы с основами электричества. Они также должны изучить взаимосвязь между силой тока и результирующей напряженностью магнитного поля тонкой цилиндрической катушки.

Магнитная проницаемость μ - это это отношение индукции магнитного поля (плотности магнитного потока) B к напряжённости магнитного поля H .

$$\mu = \frac{B}{H} \Leftrightarrow B = \mu \cdot H, \quad \text{а} \quad \mu = \mu_0 \cdot \mu_r$$

где μ_0 - постоянная магнитного поля (магнитная проницаемость вакуума) и μ_r - относительная магнитная проницаемость соответствующего материала.

Дополнительная информация для учителей (2/2)



Цель



Задачи



Этот эксперимент должен помочь учащимся понять, что магнитная проницаемость материала может увеличить плотность магнитного потока.

- Измерьте индукцию магнитного поля (плотность магнитного потока) двух катушек постоянного тока с железным сердечником и без него в зависимости от силы тока. Рассчитайте магнитную проницаемость железного сердечника.
- Измерьте индукцию магнитного поля (плотность магнитного потока) двух катушек переменного тока с железным сердечником и без него. Рассчитайте магнитную проницаемость и сравните результат с первой задачей.

Инструкции по технике безопасности



К этому эксперименту применяются общие инструкции по безопасному проведению экспериментов при преподавании естественных наук.

Примечания

В этом эксперименте частично используется переменный ток, а не постоянный. Резистор необходим для ограничения тока, чтобы катушки не перегревались.

PHYWE



Информация для студентов

Мотивация



Трансформатор высокого напряжения

Принцип работы трансформаторов основаны на принципе электромагнитной индукции. Изменяющееся во времени магнитное поле индуцирует в них электрическое поле, которое, и в свою очередь, генерирует ток. Как высоковольтные трансформаторы, так и, например, большие краны с электромагнитами на свалке, как правило, используют для повышения желаемого эффекта мягкие железные сердечники внутри катушек.

Причиной этого является так называемая магнитная проницаемость, зависящая от намагничиваемости материала. Железные сердечники имеют высокую относительную магнитную проницаемость и, таким образом, увеличивают плотность магнитного потока. В этом эксперименте Вы узнаете о магнитной проницаемости.

Задачи



1. Измерьте индукцию магнитного поля (плотность магнитного потока) двух катушек постоянного тока с железным сердечником и без него в зависимости от силы тока. Рассчитайте магнитную проницаемость железного сердечника.
2. Измерьте индукцию магнитного поля (плотность магнитного потока) двух катушек переменного тока с железным сердечником и без него. Рассчитайте магнитную проницаемость и сравните результат с первой задачей.

Материал

Позиция	Материал	Пункт №.	Количество
1	Cobra SMARTsense -3-осевое магнитн (Bluetooth + USB)	12947-00	1
2	PHYWE Источник питания пост. ток: 0...12 В, 2 А / перемен. ток: 6 В, 12 В, 5 А	13506-93	1
3	Сопротивление 10 Ом, модуль SB	05612-10	1
4	Соединительный модуль SB	05601-10	2
5	Индукционная катушка, 300 витков, d=25 мм	11007-03	1
6	Индукционная катушка, 75 витков, d=25 мм	11007-07	1
7	железный сердечник, круглый, d = 16 мм, l = 200 мм	11005-00	1
8	Соединительный проводник, 500 мм, черный	07361-05	4
9	Соединительный проводник, 500 мм, синий	07361-04	2
10	Соединительный проводник, 500 мм, красный	07361-01	1
11	measureAPP - бесплатное измерительное программное обеспечение всех пр	14581-61	1

Подготовка (1/4)



Для измерения с помощью **Датчики Cobra SMARTsense** сайт **PHYWE measureAPP** требуется.
Приложение можно бесплатно загрузить из соответствующего магазина приложений (QR-коды см. ниже).
Перед запуском приложения убедитесь, что на вашем устройстве (смартфон, планшет, настольный ПК) **Bluetooth активирован**.



iOS

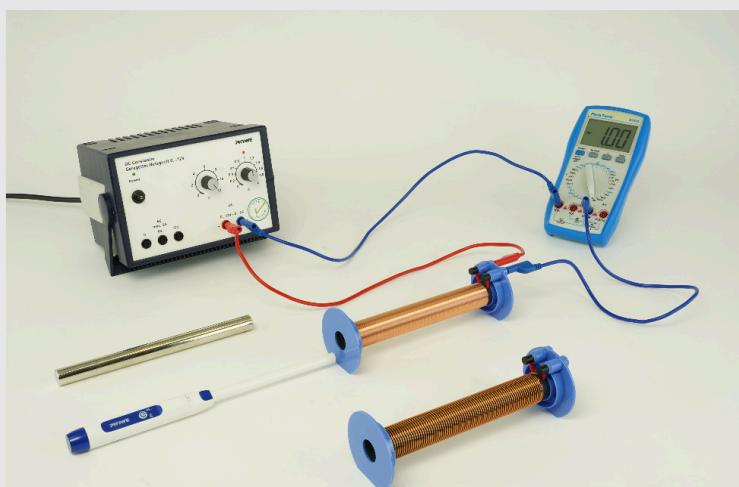


Android



Windows

Подготовка (2/4)



Экспериментальная установка

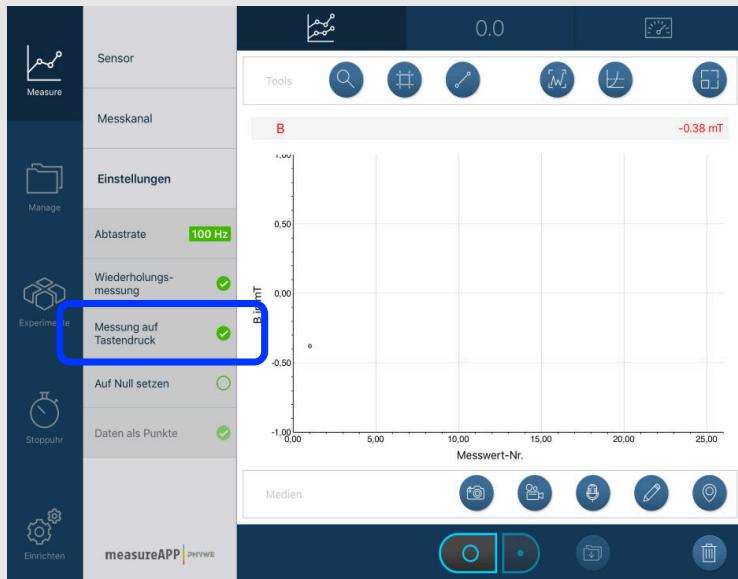
Соберите установку, как показано на рисунке слева: Для этого последовательно подключите источник питания (постоянного тока), амперметр и катушку с $N = 300$ витками.

Выберите достаточно большой диапазон измерения тока на амперметре. Установите источник питания на 0 А (левый упор) и 12 В (правый упор). Теперь, когда ограничение тока активировано таким образом, можно регулировать силу тока.

Включите источник питания.

Подготовка (3/4)

PHYWE



Запустите приложение measureAPP на планшете и включите датчик Cobra SMARTsense-Магнитное поле (удерживайте кнопку вкл. / выкл. примерно 3 секунды).

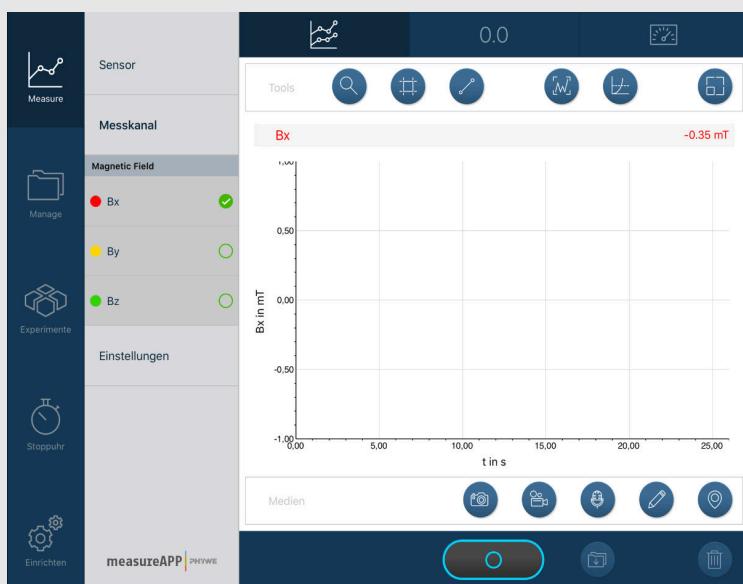
Выберите датчик в приложении measureAPP и подключите его к приложению. Необходимо выполнить следующие настройки:

- Точный диапазон измерения (- 5 мТл ... + 5 мТл)
- Частота измерения: 200 Гц

Также выберите - Измерение одничное.

Подготовка (4/4)

PHYWE



Выберите под измерительным каналом только продольное направление B_x датчика, чтобы измерялась плотность магнитного потока только в направлении продольной оси датчика

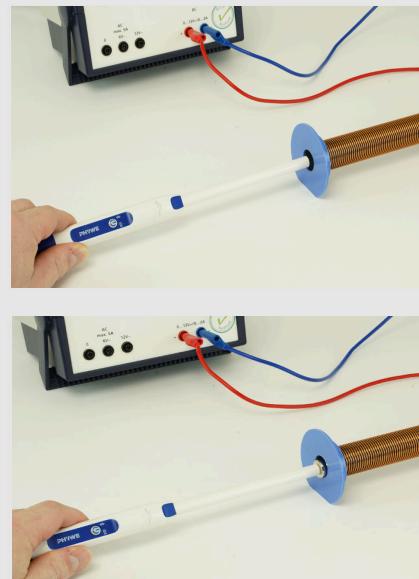
Расположите датчик в катушке так, чтобы наконечник находился в центре катушки. Откалибруйте датчик до нуля:

"Настройки" > "Установите на ноль".

Выполнение работы (1/5)

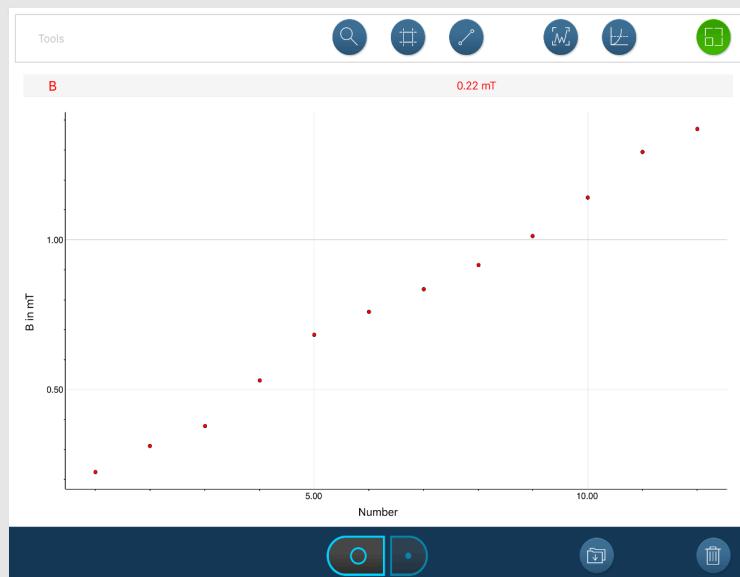
PHYWE

- Разместите кончик датчика на конце катушки, увеличивайте силу тока с шагом 0,1 А и запишите точку измерения для каждой силы тока одним нажатием кнопки. Таким образом, ось абсцисс соответствует измерению: I [100 mA].
Максимально допустимый ток для этой катушки составляет $I = 1,2$ А.
- После последнего измеренного значения отрегулируйте силу тока до нуля и сохраните измеренные значения.
- Поместите железный сердечник в катушку и повторите вышеуказанное измерение.
- Сохраните также вторую серию измерений, отрегулируйте ток до нуля и выключите источник питания.



Выполнение работы (2/5)

PHYWE



- Замените встроенную катушку на катушку с количеством витков $N = 75$ и снова включите источник питания.
- Увеличьте ток, как и прежде, начиная с нуля с шагом 0,1 А и возобновите измерение для каждой точки измерения нажатием кнопки.
- Повторите измерение со вставленным железным сердечником и выключите источник питания после последнего измеренного значения.

Каждая серия измерений должна быть заново сохранена.

Выполнение работы (3/5)



Измените экспериментальную установку, как показано на рисунке.

Для этого последовательно соедините источник питания, резистор 10 Ω , амперметр и катушку с $N = 300$ витками.

Используйте розетки для источника питания 6 В переменного тока для цепи на источнике питания.

Железный сердечник изначально не вставлен в катушку, и источник питания выключен.

Теперь выключите измерение нажатием кнопки в measureAPP, чтобы измеренные значения регистрировались непрерывно.

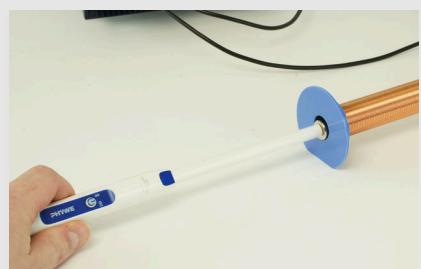
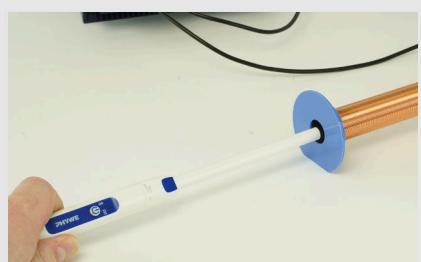
Выполнение работы (4/5)



- Расположите кончик датчика на конце катушки, начните измерение и включите источник питания на несколько секунд во время измерения.

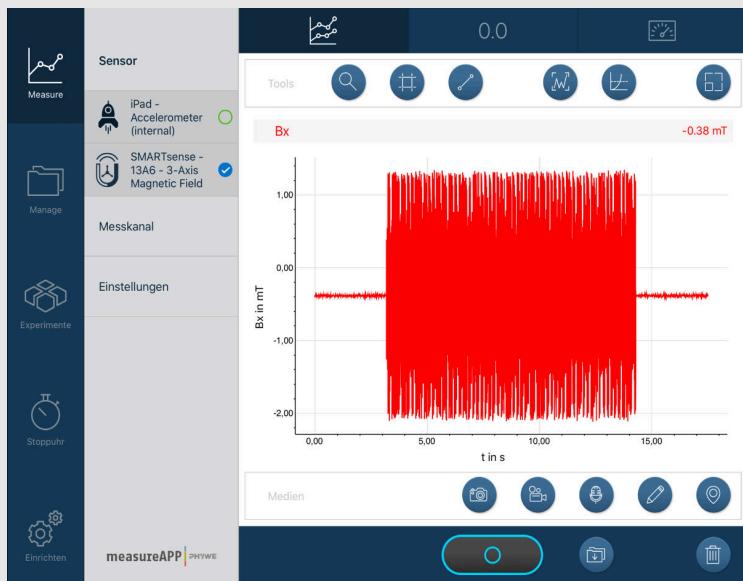
Внимание: не подключайте катушки к переменному току без сопротивления 10 Ω , иначе катушки могут перегреться.

- Сохраните Ваши измерения, вставьте железный сердечник в катушку и повторите описанные выше измерения.
- Сохраните также вторую серию измерений и убедитесь, что источник питания выключен.
- Для обоих измерений используйте инструменты оценки, чтобы определить максимальное отклонение соответствующей плотности магнитного потока, и запишите значения в таблицу Протокола.



Выполнение работы (5/5)

PHYWE



- Заменить встроенную катушку на катушку с количеством $N = 75$ витков.
- Повторите оба измерения (с железным сердечником и без него) для этой катушки. Для этого запустите измерение и снова включите питание на несколько секунд.
- Снова определите максимальную плотность магнитного потока, запишите полученные значения в таблице протокола и сохраните соответствующее измерение.

PHYWE



Протокол

Таблица

PHYWE

Определите возрастание точек измерения для четырех измерений с постоянным током и введите его в следующую таблицу: $B[\text{мT}] = m \cdot I[100\text{mA}]$. Определите максимальную плотность магнитного потока $B_{x,max}$, для четырех измерений с переменным током, и также введите их в таблицу. Затем определите μ^* - отношение максимальных плотностей магнитного потока для всех измерительных пар (с железным сердечником и без него) и также внесите их в таблицу.

Катушка /	$m [\text{мTл}/A]$	$\mu^* [1]$	$B_{x,max} [\text{мTл}]$	$\mu^* [1]$
Железный сердечник				
300 / с				
300 / без				
75 / с				

Задача 1

PHYWE

Какое из следующих утверждений верно для измерения постоянного тока?

- Возрастание для двух измерений с железным сердечником более чем на порядок больше, чем для измерений без железного сердечника.
- Рассчитанное отношение μ^* больше для катушки с большим количеством витков.
- Во всех четырех сериях измерений плотность магнитного потока линейно увеличивается в зависимости от силы тока соответствующей катушки.
- Нет правильных ответов

Проверить

Задача 2

Вставьте слова в пробелы

Серии измерений с [] сердечником и без него существенно различаются, так как результирующая плотность [] значительно отличается. Измеренная плотность магнитного потока с железным сердечником значительно больше, чем []. Причиной этого является [] за счет так называемой [] μ_r железа, которая обычно на несколько [] выше, чем у воздуха ($\mu_r = 1$) и зависит от [] материала.

[] относительной магнитной проницаемости [] магнитного потока [] намагничиваемости [] без
 [] железным [] порядков [] усиление

Проверить

Задача 3

Вставьте слова в пробелы

[] воздуха примерно идентична [] и поэтому близка к 1. С другой стороны, [] по умолчанию находится в диапазоне $300 < \mu_r < 10.000$. Измеренное отношение μ^* значительно ниже. Основная причина этого в том, что [] не полностью заполняет внутреннюю часть [].

[] железный сердечник [] катушки [] Относительная магнитная проницаемость [] железо
 [] вакууму

Проверить

Задача 4

PHYWE

Отношения μ^* в случае переменного тока немного ниже, чем в случае постоянного тока.
Почему это так?

- Утверждение неверное. В случае переменного тока это соотношение даже более чем в два раза больше.
- Железный сердечник имеет своего рода магнитную память, так называемую магнитную намагниченность, которая обеспечивает снижение измеряемой максимальной плотности магнитного потока при изменении внешнего магнитного поля.

Проверить

Задача 5

PHYWE

Рассмотрим для одной пары измеренных значений катушки. Как Вы знаете, напряженность магнитного поля H тонкой цилиндрической катушки пропорциональна приложенному току. Тем не менее, величина плотности магнитного потока B показывает большие различия. Какая формула правильная? (Применяется $\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$ с константой магнитного поля μ_0).

- $H = \mu \cdot B$
- $B = \mu \cdot H$
- $\mu = H \cdot B$

Проверить

Слайд	Оценка / Всего
Слайд 21: Кривая измерений постоянного тока	0/3
Слайд 22: Обоснование результатов измерения 1	0/7
Слайд 23: Обоснование результатов измерения 2	0/5
Слайд 24: Магнитная проницаемость в переменном токе	0/1
Слайд 25: Уравнение магнитной проницаемости $\backslash\mu\backslash$	0/1

Общая сумма

0/17



Решения



Повторить

15/15