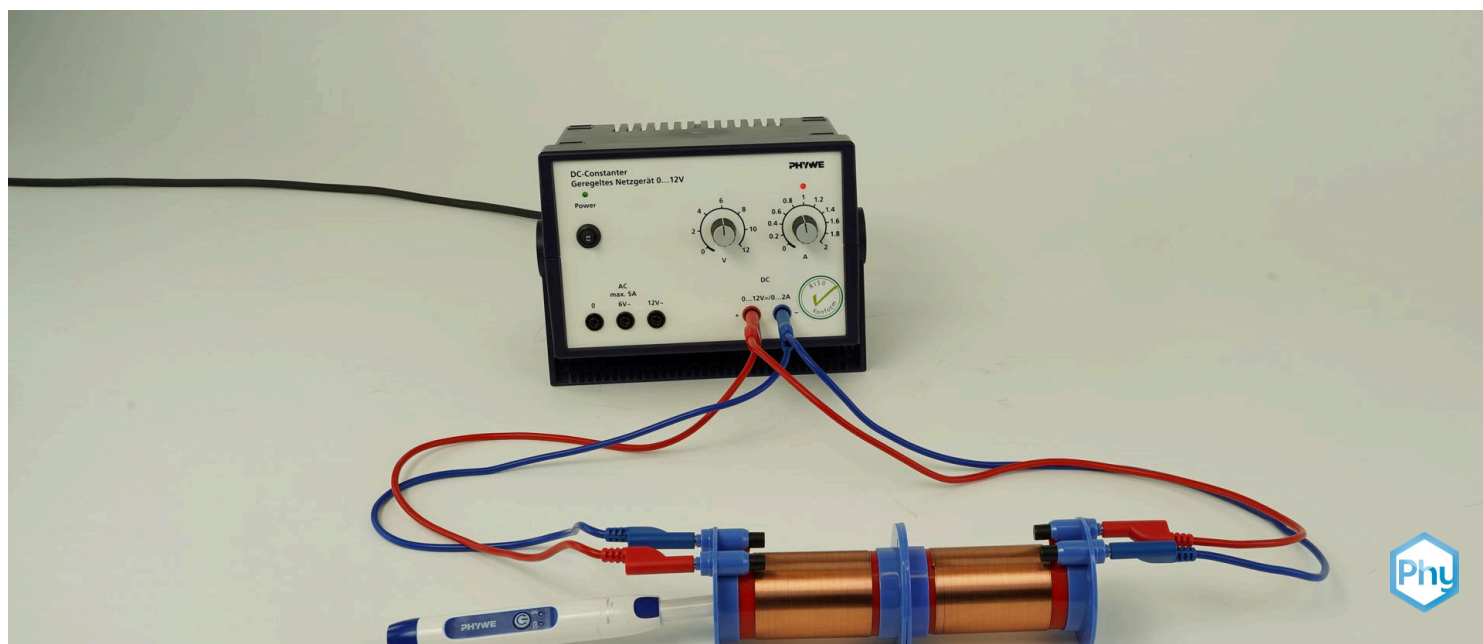


Суперпозиция двух магнитных полей катушек с Cobra SMARTsense



Физика

Электричество и магнетизм

Электромагнетизм и индукция



Уровень сложности

средний



Кол-во учеников

2



Время подготовки

10 Минут



Время выполнения

10 Минут

This content can also be found online at:

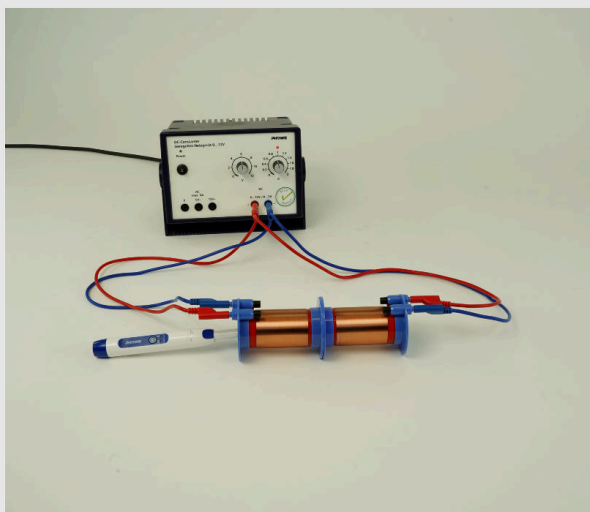
<http://localhost:1337/c/5f3d464c9abf070003936add>

PHYWE

Информация для учителей

Описание

PHYWE



Экспериментальная установка

Суперпозиция магнитных полей - основной принцип для многих научных исследований и приложений. Например, расположив две катушки, образующие так называемые катушки Гельмгольца, можно получить однородное магнитное поле в большом объеме, доступном со всех сторон.

Применения в области передовых исследований - это отклоняющие и фокусирующие магниты в виде дипольных и квадрупольных магнитов или стеллатор в термоядерном реакторе. Последний представляет собой тороидальную систему (в форме пончика / спасательного круга) для магнитного удержания горячей плазмы для осуществления управляемого термоядерного синтеза.

Дополнительная информация для учителей (1/3)

PHYWE

предварительные знания



Студенты должны быть знакомы с понятием плотности магнитного потока, магнитной индукции внутри катушки и знать, что ток, протекающий через катушку, генерирует магнитное поле. Это может быть хорошо связано с суперпозицией двух электрических полей.

Принцип



Принцип суперпозиции двух и более полей - это принцип векторного сложения. Для этого вычисляется векторная сумма отдельных полей. Это также относится, в частности, к магнитным полям:

$$\vec{B} = \sum \vec{B}_i \quad \text{соответственно} \quad \vec{H} = \sum \vec{H}_i$$

Дополнительная информация для учителей (2/3)

PHYWE

Цель



В этом эксперименте необходимо измерить индукцию магнитного поля (плотность магнитного потока) двух катушек. Исследуется суперпозиция двух магнитных полей цилиндрических катушек. В первой части два магнитных поля имеют одинаковое направление, а во второй - противоположные.

Задачи



Измерение индукции магнитного поля (плотности магнитного потока) двух цилиндрических катушек.

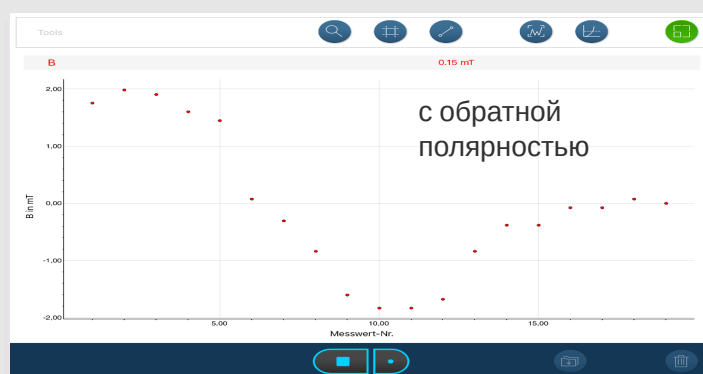
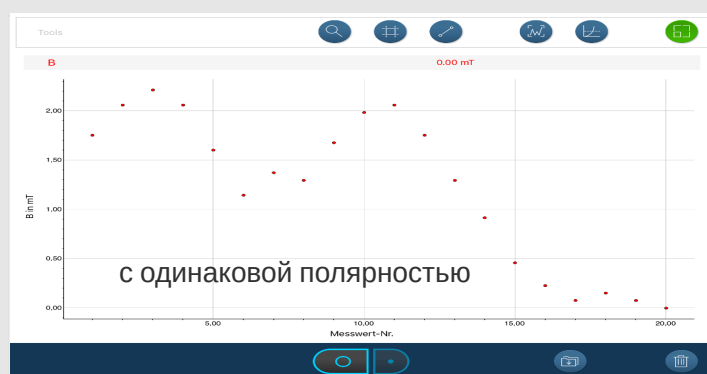
1. Катушки имеют одинаковую полярность, так что магнитные поля катушек положительно дополняют друг друга.

2. Катушки имеют обратную полярность, так что магнитные поля катушек взаимно погашают друг друга.

Дополнительная информация для учителей (3/3)

PHYWE

Примечание: При измерении магнитного поля катушек убедитесь, что плотность магнитного потока измеряется на кончике датчика магнитного поля. Кроме того, необходимо позаботиться о том, как подключаются катушки. Токи в обмотках двух катушек движутся в противоположных направлениях, но обе катушки имеют одинаковую ориентацию спирали, поэтому следует больше внимания уделять полярности.



Инструкции по технике безопасности

PHYWE



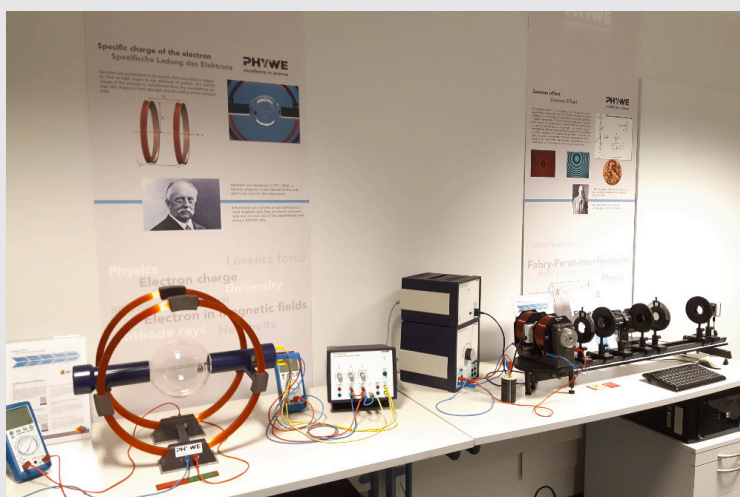
К этому эксперименту применяются общие инструкции по безопасному проведению экспериментов на уроках при преподавании естественных наук.

PHYWE

Информация для студентов

Мотивация

PHYWE



Экспериментальные установки для определения удельного заряда электрона и эффекта Зеемана

Некоторые из наиболее фундаментальных и важных физических открытий разделяют фундаментальный принцип суперпозиции двух магнитных полей от катушек с током. Определение удельного заряда электрона с помощью электронно-лучевой трубки и проверка так называемого эффекта Зеемана, расщепления энергетических уровней в магнитном поле, - это два из многих примеров, которые были настолько революционными, что были даже удостоены Нобелевской премии.

В этом эксперименте Вы узнаете, как перекрываются (векторно складываются) магнитные поля двух цилиндрических катушек

Задачи

PHYWE



Измерьте индукцию магнитного поля (плотность магнитного потока) двух коротких цилиндрических катушек (диаметром 41 мм и по 100 витков).

1. Катушки имеют одинаковую полярность.
2. Катушки имеют противоположную полярность.

Материал

Позиция	Материал	Пункт No.	Количество
1	Cobra SMARTsense -3-осевое магнитн (Bluetooth + USB)	12947-00	1
2	Индукционная катушка, 100 витков, d=40 мм	11007-05	2
3	Линейка, пластмассовая, l = 30 см	09851-40	1
4	Соединительный проводник, 500 мм, красный	07361-01	2
5	Соединительный проводник, 500 мм, синий	07361-04	2
6	measureAPP - бесплатное измерительное программное обеспечение всех пр	14581-61	1
7	PHYWE Источник питания пост. ток: 0...12 В, 2 А / перемен. ток: 6 В, 12 В, 5 А	13506-93	1

Подготовка (1/4)

PHYWE

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



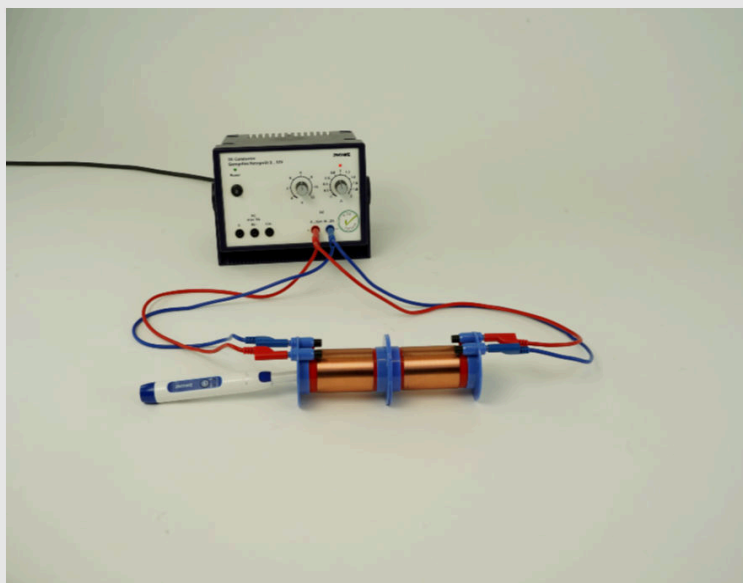
Android



Windows

Подготовка (2/4)

PHYWE



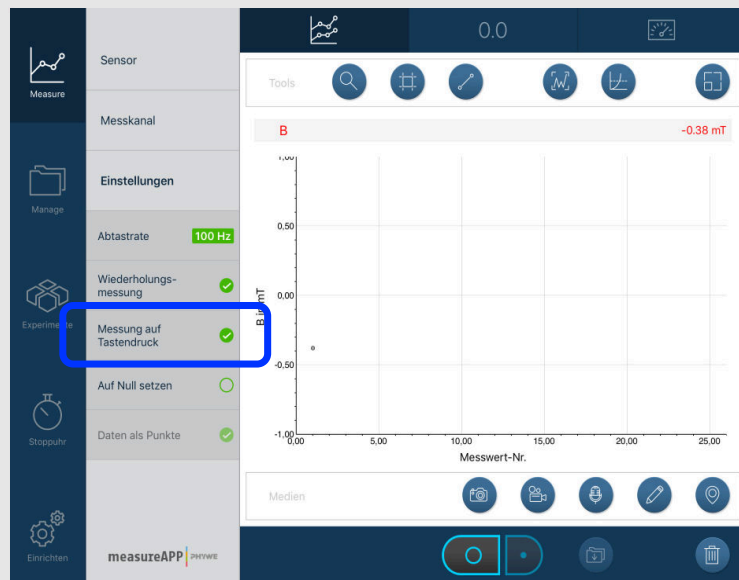
Соберите установку как показано на рисунке слева: Для этого соедините обе катушки с $N = 100$ витков параллельно друг другу и каждую последовательно с блоком питания (постоянного тока). Расположите обе катушки рядом друг с другом, как показано на рисунке. Убедитесь, что полярность для обеих катушек одинакова.

Установите источник питания на 0 A - 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 одним нажатием кнопки.

Подготовка (4/4)

PHYWE



Под измерительным каналом выберите только продольное направление Bx датчика, чтобы только в направлении продольной оси датчика измерялась плотность магнитного потока.

Расположите датчик в катушке так, чтобы наконечник находился в середине катушки.

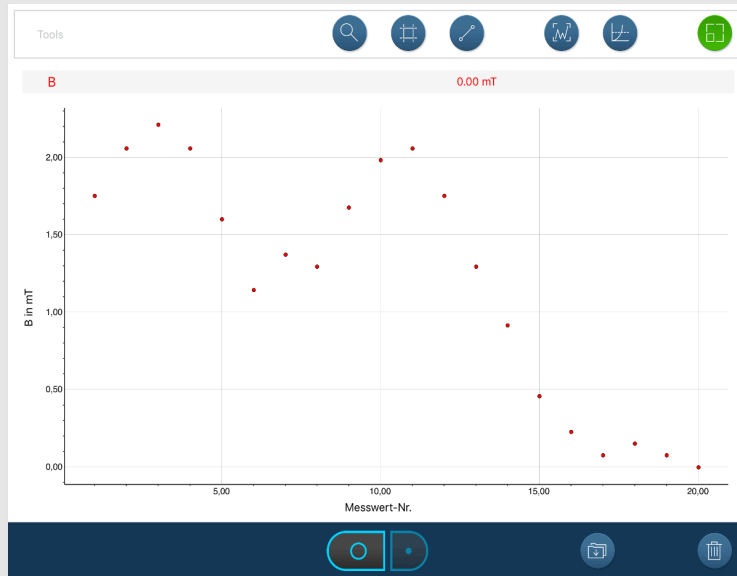
Откалибруйте датчик до нуля:

'Настройки' > 'Установить на ноль'.

Теперь установите ток на источнике питания до упора (~2 A). Так как катушки подключаются параллельно, максимально допустимый ток не должен превышать 1,2 A.

Выполнение работы (1/2)

PHYWE



Вставьте датчик как можно дальше в обе катушки. Поскольку кончик катушки не виден, с помощью линейки можно определить, где измеряется индукция магнитного поля (плотность магнитного потока).

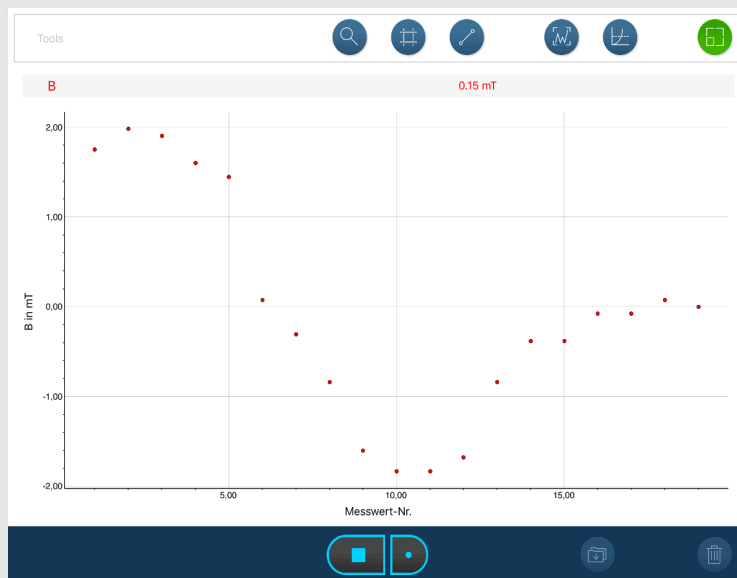
1. Увеличивайте силу тока с шагом 0,1 А и запишите точку измерения для каждой силы тока, нажимая кнопку.

Таким образом, ось X соответствует измерению: $I[100 \text{ mA}]$.

2. После последнего измеренного значения установите ток на ноль и выключить источник питания. Сохраните измеренные значения.

Выполнение работы (2/2)

PHYWE

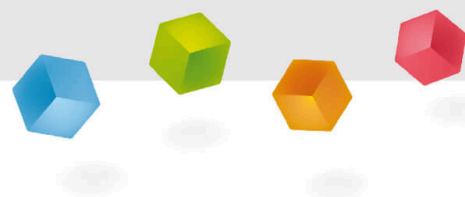


1. Поменяйте местами полярность соединения на одной из двух катушек, переместите датчик в исходную точку и снова включить источник питания.

2. Увеличивайте расстояние до центра катушки с шагом 1 см и запишите точку измерения для каждого положения, нажимая кнопку.

3. Выключить источник питания после последнего измеренного значения и сохранить измеренные значения.

PHYWE



Протокол

Задача 1

PHYWE

Какие из следующих утверждений верны?

- ☐ Если катушки имеют противоположную полярность, магнитное поле между катушками практически не падает.
- ☐ Если катушки имеют противоположную полярность, магнитное поле между катушками равно нулю.
- ☐ Если катушки имеют одинаковую полярность, то магнитное поле между катушками равно нулю.
- ☐ Если катушки имеют одинаковую полярность, то магнитное поле между катушками практически не падает.

✓ Проверить

Задача 2

PHYWE

Что, если бы у Вас было не две катушки, а очень много?

- ☐ Если катушек слишком много, магнитное поле исчезает.
- ☐ Магнитное поле усиливается независимо от того, как подключаются катушки.
- ☐ Все магнитные поля складываются в общее поле (суперпозиция).
- ☐ Результирующее магнитное поле будет произведено всеми отдельными магнитными полями.

✓ Проверить

Задача 3

PHYWE

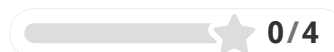
В этом эксперименте два разных магнитных поля рассматривались только в одном направлении. Можно ли применить принцип суперпозиции и в трехмерном пространстве?

- ☐ Нет, поля можно векторно сложить только в одном пространственном направлении.
- ☐ Да, поля можно векторно сложить с помощью векторных вычислений.
- ☐ Да, но как только добавляется другое пространственное направление, поля необходимо умножить на перекрестное произведение.

✓ Проверить

Слайд	Оценка / Всего
Слайд 18: Сравнение измеренных значений	0/2
Слайд 19: Принцип суперпозиции полей.	0/1
Слайд 20: Сверхпозиционное направление пространства	0/1

Общая сумма

 Решения Повторить