

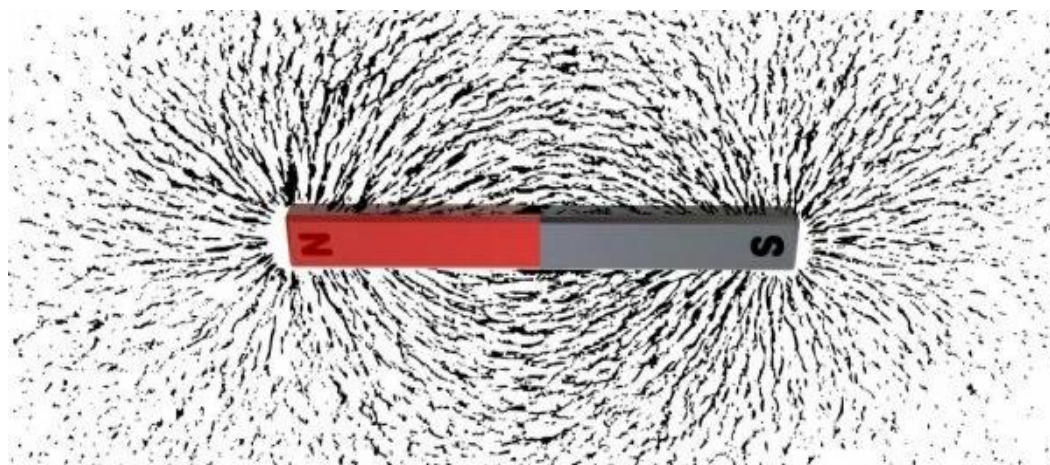
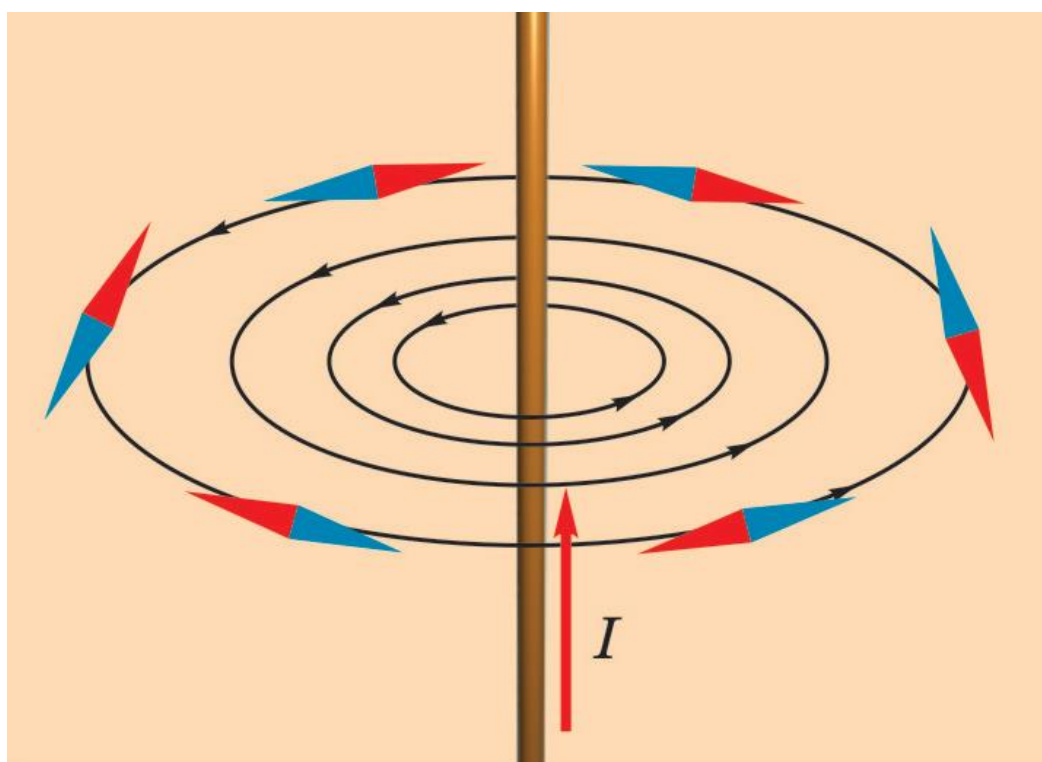
*Ничто, истинное и отвечающее законам природы,
не может считаться слишком чудесным.*

Майкл Фарадей, 1849

*Беспокойство – это неудовлетворенность, а
неудовлетворенность - первейшее условие прогресса.*

Томас Эдисон

ПРИМЕРНЫЕ ПЛАНЫ УРОКОВ ДЛЯ 8 КЛАССА МАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ



Оглавление

1. Магнитное поле.....	3-8
2. Магнитные свойства вещества.....	9-15
3. Сила Ампера.....	16-22
4. Электромагнитная индукция.....	23-28
5. Электромагнитные волны.....	29-33
6. Примерные темы рефератов.....	34
7. Литература.....	35

... магнитная стрелка отклоняется от своего положения равновесия под действием вольтаического аппарата и этот эффект проявляется, когда контур замкнут.

Х. Эрстед

Дамы и господа! Профессор Эрстед сделал невероятное, удивительное открытие. По моему мнению, это событие перевернет науку, и мы сейчас даже не в состоянии оценить масштаб этих событий.

Франсуа Араго

Урок 52/1

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

Мир существует независимо от нашего сознания.

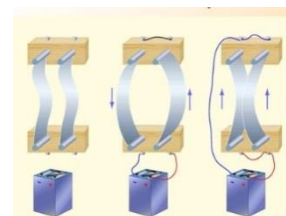
ЦЕЛЬ УРОКА: Дать представление о магнитном поле и его свойствах.

ТИП УРОКА: лекция.

ОБОРУДОВАНИЕ: прибор для демонстрации взаимодействия параллельных токов, штатив с принадлежностями, блок питания, магнитная стрелка на подставке, магнит дугообразный, кольцевой проводник, проводник из фольги.

ПЛАН УРОКА:

1. Вступительная часть
2. Работа над ошибками
3. Лекция
4. Ответы на вопросы
5. Задание на дом



II. Подведение итогов контрольной работы, разбор решения некоторых задач.

III. Как взаимодействуют неподвижные электрически заряженные тела? Как должны взаимодействовать две станиолевые полоски, подключенные, к клеммам "+" и "-" источника тока (демонстрация и выводы)? Не заметно?

Взаимодействие полосок при протекании по ним токов противоположного



направления (демонстрация). Мы имеем новый тип взаимодействия - вместо «слабого» притяжения наблюдается «сильное» отталкивание.

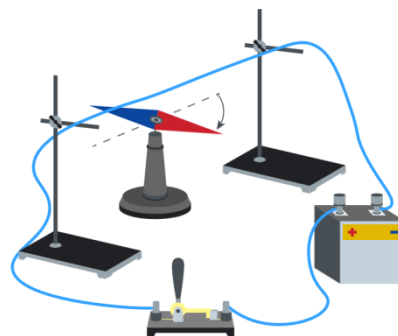
Демонстрация взаимодействия проводников с током одного направления. Качественное отличие данного типа взаимодействия от электрического: токи разных направлений отталкиваются, а одноименных – притягиваются, взаимодействие появляется при протекании тока; нет центров притяжения; взаимодействие между проводниками с током не изменяется при введении между ними металлического экрана. Каким образом передается действие от одного проводника с током к другому? Для ответа на этот вопрос заменим один из проводников в демонстрационной установке магнитом дугообразным и

продемонстрируем взаимодействие магнита с током. Почему и без магнита проводник слегка отклоняется? Взаимодействие магнита с током носит тот же характер, что и взаимодействие двух проводников с током. Поле вокруг магнита - магнитное и, следовательно, вокруг проводника с током тоже существует **магнитное поле**. Вокруг проводов с током формируется что-то вроде «магнитного чехла»!

Основные свойства магнитного поля:

1. Магнитное поле создается проводниками с током (движущимися заряженными частицами) и намагниченными телами. Электричество создает магнетизм!

Как может сила скрытого в металле электричества выскочить наружу и повернуть стрелку магнитного компаса? И раньше было известно, что молния может намагничивать куски железа и оказывать влияние на магнитную стрелку, но, тем не менее, эта связь была установлена лишь 15 февраля 1820 года. **Демонстрация опыта Эрстеда** (*Эрстед всю свою жизнь дружил с Гансом Христианом Андерсеном*).



2. Магнитное поле действует на проводники с током (движущиеся заряженные частицы) и на намагниченные тела.

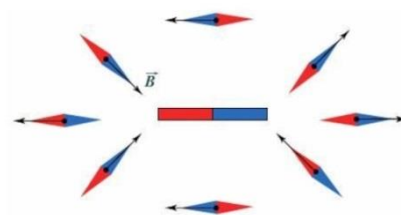
Демонстрация действия магнитного поля на проводник с током, на движущиеся заряженные частицы и на намагниченные тела. Почему магнитное поле действует на магнитную стрелку, а не намагниченный кусок железа?

3. Магнитное поле материально (обладает энергией).

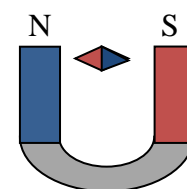
Магнитное поле – физический объект, посредством которого осуществляется взаимодействие между проводниками с током, движущимися заряженными частицами и намагниченными телами.

Как обнаружить магнитное поле в пространстве? **Магнитное поле направлено от южного полюса к северному полюсу свободно установившейся магнитной стрелки.**

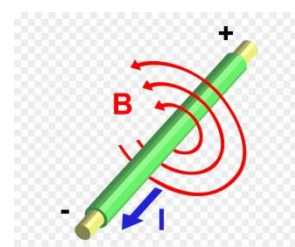
Как пламя свечи указывает направление сквозняка в комнате, так и магнитная стрелка своим северным полюсом указывает направление магнитного поля.



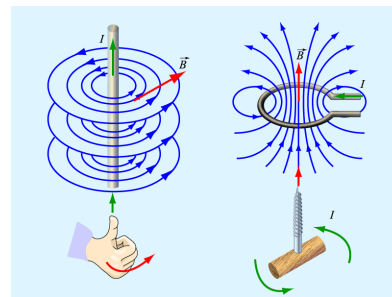
Определение с помощью магнитной стрелки направления магнитного поля: а) Земли, б) дугообразного магнита, в) полосового магнита, г) прямого тока.



Мнемоническое правило правой руки для определения направления магнитного поля вокруг проводника с током: Если большой палец правой руки будет смотреть по току в проводе, а четыре других будут расположены так, как будто мы заводим мотоцикл, то именно в этом направлении будет вращаться магнитное поле.



Определение с помощью этого правила направления магнитного поля: а) прямого тока; б) кольцевого тока. **Правило буравчика.** Определение направления магнитного поля с помощью этого правила: а) прямого тока; б) кольцевого тока.



IV. Вопросы:

1. Будет ли обычный компас работать в автомобиле?
2. Как можно обнаружить присутствие магнитного поля в данной области пространства? Какие приборы или устройства необходимы для этого?
3. В кабинете физики оказался полосовой магнит, полюса которого не окрашены краской. Какими способами можно установить, где у магнита северный полюс, а где южный?
4. Что произойдет с железной спицей, подвешенной горизонтально, если ее намагнитить?
5. Будет ли действовать магнит на магнитную стрелку, если между ними поместить руку?
6. Может ли стальной стержень иметь на обоих концах одинаковые магнитные полюса?
7. К сети 220 В последовательно (параллельно)подключили две лампочки: одна 60 Вт, вторая 150 Вт. Какая лампочка будет гореть ярче?
8. В результате трения о ремень поверхность шкива зарядилась положительно, а ремень отрицательно. Существует ли магнитное поле вокруг вращающегося шкива и как оно направлено? А вокруг ремня?
9. Каково положение равновесия трех магнитных стрелок, помещенных в вершины равностороннего треугольника?
10. Вокруг проводника с током появилось магнитное поле. Что является источником энергии этого поля?

V. § 56.

Магнитный эффект электрического тока имеет круговое движение вокруг него.

Эрстед

Урок 53/2

ЛИНИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Магнитный монополюс — гипотетическая элементарная частица. Как это понимать?

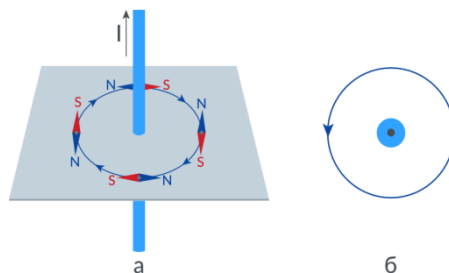
ЦЕЛЬ УРОКА: Познакомить учащихся с графическим способом изображения магнитных полей.

ТИП УРОКА: комбинированный.

ОБОРУДОВАНИЕ: прибор для наблюдения спектров магнитных полей, выпрямитель ВС-24, проекционный аппарат ФОС-67, кольцевой проводник из фольги, диафильм "Электромагнитные явления", магнитная стрелка на подставке, катушки Гельмгольца.

ПЛАН УРОКА:

1. Вступительная часть
2. Опрос
3. Объяснение
4. Закрепление
5. Задание на дом



II. Опрос фундаментальный: 1. Магнитное поле.

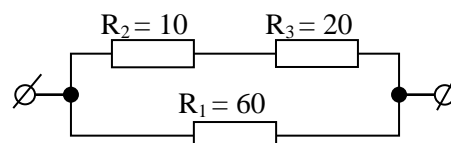
2. Определение направления магнитного поля.

Вопросы:

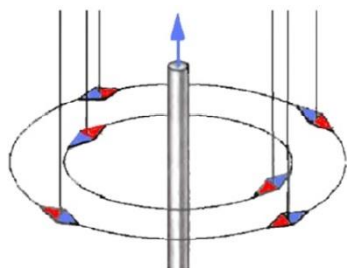
1. Как обнаружить постоянный электрический ток в проводе, не касаясь его руками?
2. Как проще всего узнать, намагничена ли стальная пилка у лобзика?
3. Какое правило определяет связь между направлением тока в проводнике и направлением его магнитных линий? Сформулируйте его.
4. Как располагается магнитная стрелка в магнитном поле?
5. Шнур настольной лампы, питаемой постоянным током, поднесли к магнитной стрелке. Окажет ли магнитное поле действие на стрелку? Изменится ли это действие в случае, если лампа питается переменным током?
6. Чем магнитное взаимодействие отличается от электростатического и что между ними общего?
7. Лампочка мощностью 500 Вт рассчитана на напряжение 110 В. Определите дополнительное сопротивление, позволяющее включить лампочку в сеть с напряжением 220 В без изменения ее мощности.
8. Как надо расположить две магнитные стрелки друг относительно друга, чтобы они находились в положении устойчивого равновесия?
9. Молния ударила в ящик со стальными ножками. После этого ножки сказались намагниченными. Как это объяснить?
10. Действует ли магнитное поле на электрическое поле?

Задачи:

1. Какое напряжение надо поддерживать в сети, и какая мощность должна потребляться, чтобы питать током 30 ламп мощностью по 60 Вт каждая, соединенных параллельно, при напряжении 120 В, если сопротивление проводов, подводящих ток к лампам, 4 Ом? Каков КПД электросети?
2. Какая масса воды должна пройти через плотину высотой 20 м, чтобы обеспечить горение лампочки мощностью 60 Вт в течение 1 ч? КПД принять равным 50 %.
3. В каком из резисторов при протекании тока выделяется большее количество теплоты за 1 с? Напряжение сети 220 В.



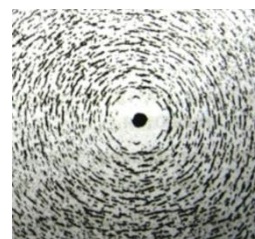
III. Магнитное, поле вокруг прямого проводника с током. Определение



направления магнитного поля с помощью магнитной стрелки (демонстрация). Если в магнитное поле попала магнитная стрелка, то она будет поворачиваться вокруг провода так же, как это делает лист дерева, когда попадает в водоворот воды?

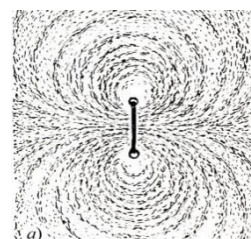
Правило правой руки (повторение). Линия, касательная к которой в каждой точке совпадает с направлением магнитного поля, называется линией магнитного поля.

Обозначение магнитного поля с помощью линий и стрелок оказалось очень удобным. Индикация линий магнитного поля вокруг прямого проводника с током с помощью железных опилок (демонстрация). Железные опилки - эти маленькие кусочки железа, оказавшись в магнитном поле. Они намагничиваются и становятся маленькими магнитными стрелками. Теперь у нас будет не одна такая стрелка, а большое их множество. Мы же можем пронаблюдать за тем, как ось каждой такой стрелки будет устанавливаться при действии сил магнитного поля.

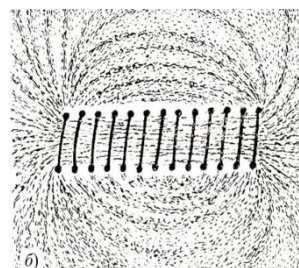


Графическое изображение магнитного поля прямого тока с помощью **линий магнитного поля**.

Магнитное поле кольцевого тока (индикация с помощью демонстрационной магнитной, стрелки и железных опилок). Спектр магнитного поля кольцевого; тока зарисовать в тетрадь.



Магнитное поле соленоида (индикация с помощью железных опилок). Обозначение катушки и катушки с сердечником на электрических схемах. Если взять несколько проводов и сложить их вместе, словно спички в коробке («в одну охапку»), то намагничивание усилится, а именно металлических опилок вокруг этих проводов станет больше.

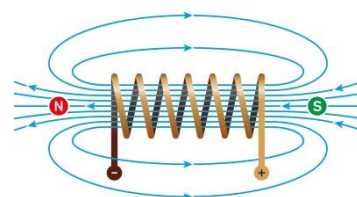


Придумайте правило правой руки для катушки с током.

Однородное магнитное поле (демонстрация). Соленоид (катушка) предназначен для получения сильных однородных магнитных полей. Обозначение катушки с сердечником на схемах.



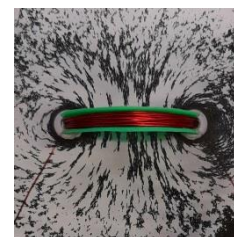
Магнитное поле постоянного магнита. Ампер показал, что провода или катушки, в которых проходит электрический ток, ведут себя как магниты. Вне магнита выходят из северного полюса магнита и входят в южный полюс. Наиболее густо линии расположены у полюсов



магнита.

Особенности линий магнитного поля:

- Всегда замкнутые линии (вихревое поле);
- Нигде не начинаются и не заканчиваются;



В природе нет источников магнитного поля.

При соединении двух полосовых магнитов в один, полюса, существовавшие в области соединения, исчезают, при разделении – появляются вновь (демонстрация). Отдельных магнитных полюсов не существует! До каких пор можно делить магнит? Сколько бы мы ни разламывали магнит, мы никогда не сможем отделить северный и южный полюсы друг от друга, а это означает, что линии магнитного поля замыкаются. Электричество имеет источник своего существования - электрический заряд, а магнетизм заряда не имеет! Электричество имеет некоторые преимущества перед магнетизмом!

Дополнительная информация (явление магниторезистивности): Если на проводник с током действует внешнее магнитное поле, линии которого идут в том же направлении, что и ток, то его сопротивление уменьшается, а если перпендикулярно току – то увеличивается (явление магниторезистивности открыл в 1857 году лорд Кельвин). Благодаря этому эффекту считывается информация с дисков. Считывающая головка с текущим через нее током проходит над намагниченным диском, каждая ячейка которого играет для головки роль внешнего магнитного поля. Поскольку от одной ячейки к другой направление этого поля меняется (нули и единицы), то будет изменяться и ее электрическое сопротивление, а, следовательно, и ток.

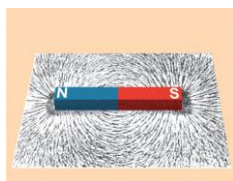
IV. Вопросы:

1. Как определить магнитные полюсы катушки с током?
2. Если подвесить катушку с током на тонких гибких проводниках, то, как она расположится в магнитном поле Земли?
3. Если к катушке с током поднести магнитную стрелку, то, как поведет себя магнитная стрелка?
4. Если бы существовали магнитные заряды, то, как тогда можно было бы объяснить природу земного магнетизма?
5. Как изготовить соленоид, вокруг которого при пропускании тока не будет магнитного поля?
6. На лист бумаги равномерно насыпали железные опилки и снизу поднесли магнит. Почему опилки располагаются по направлению линий магнитного поля и почему для этого нужно постукивать по листу?
7. Как определить знаки полюсов аккумуляторной батареи, пользуясь компасом и переносной лампой?
8. Французский физик Араго в 1820 г сделал открытие, заключающееся в следующем: когда тонкая медная проволока, соединенная с источником тока, погружалась в железные опилки, то они приставали к ней. Почему?

V. § 57

1. Получите снимки линий магнитного поля без фотоаппарата.

*Мне остается сказать, по какому закону природы
То происходит, что камень притягивать может железо*



Лукреций Кар

*... не обуславливает ли электрический флюид ... возникновение
и поддержание магнитных свойств?*

Джамбаттиста Баккарн

Урок 54/3

МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ВЕЩЕСТВА

Как Ампер объяснял намагничивание железа?

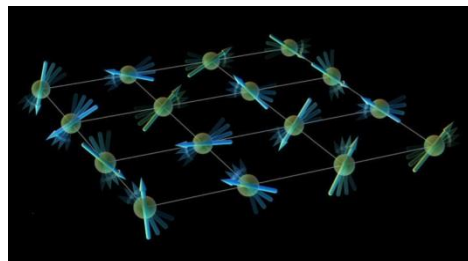
ЦЕЛЬ УРОКА: Классифицировать вещества по их магнитным свойствам. Экспериментально обосновать справедливость гипотезы Ампера. Дать представление о природе ферромагнетизма и рассказать о применениях электромагнита.

ТИП УРОКА: комбинированный.

ОБОРУДОВАНИЕ: диафильм "Электромагнитные явления", катушки Гельмгольца, магнитная стрелка на подставке, электромагнит разборный, электромагнитное реле.

ПЛАН УРОКА:

1. Вступительная часть
2. Объяснение
3. Опрос
4. Закрепление
5. Задание на дом



II. Опрос фундаментальный: 1. Линии магнитного поля. 2. Магнитное поле кольцевого тока и катушки с током.

Вопросы:

1. Каково направление тока в проводнике (Рис. 1)?



Рис. 1

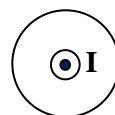


Рис. 2

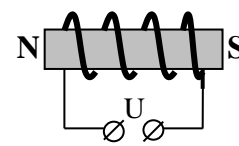


Рис. 3

2. Определите направление линий магнитного поля (Рис. 2)?

3. Определите полярность клемм источника тока, питающего соленоид (Рис. 3).

4. Нарисуйте картину линий магнитного поля прямого тока (соленоида).

5. Можно ли рассматривать магнитное поле катушки с током как суммарное поле, полученное от сложения магнитных полей нескольких кольцевых токов?

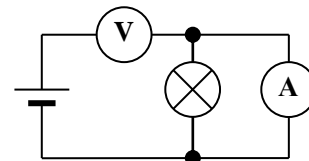
6. Каким образом можно узнать, есть ли ток в проводе, не пользуясь амперметром?

7. Каково расположение линий магнитного поля замкнутого соленоида с током (тороидальная катушка)?

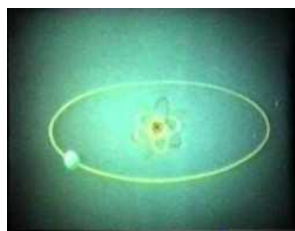
8. Разведчик обнаружил двухпроводную линию постоянного тока. Как при помощи вольтметра постоянного тока и магнитной стрелки он определил, на каком конце, линии находится электростанция?

Задачи:

1. Какое время требуется для нагревания воды массой 2 кг от 20⁰С до кипения в электрочайнике, если напряжение в сети 220 В, сопротивление обмотки чайника 20 Ом, а КПД чайника 70 %?
2. Ученик, выполняя лабораторную работу, неправильно собрал схему для измерения сопротивления лампочки. Напряжение источника тока равно 12 В, вольтметр показывает 11 В, амперметр показывает 0,2 А. Найдите сопротивление лампочки, если сопротивление вольтметра 50 Ом.
3. Что покажут амперметр и вольтметр, если их поменять местами?



III. У соленоида много общего с полосовым магнитом. Должны ли мы из этого заключить, что в магнитах из железа имеются вечные электрические токи (без источника энергии)?



"... внутри молекулы электроны движутся по замкнутым орбитам, создавая магнитное поле, подобное тому, какое было бы создано замкнутым током, текущим по тем же орбитам".

Поль Ланжевен

Электрон, движущийся вокруг ядра в атоме, представляет собой маленький кольцевой ток или магнитную стрелку (демонстрация поворота рамки с током и магнитной стрелки во внешнем магнитном поле). Собственное магнитное поле электрона (частицы) – **спин**. **Магнитная индукция (\vec{B}) – силовая характеристика данной точки магнитного поля.** $[B]=[Тл]$. **Направление поля в точке** — это направление в ней вектора магнитной индукции, указываемое стрелкой компаса в этой точке. Во внешнем магнитном поле кольцевой ток (магнитная стрелка) стремится повернуться так, чтобы направление его магнитного поля совпало с направлением внешнего поля (демонстрация). Что будет происходить с этими магнитными стрелками во внешнем магнитном поле (внешнее магнитное поле как бы стремится развернуть их в одном направлении). Проникает ли магнитное поле внутрь вещества? Как изменится при этом магнитное поле в веществе? Как влияет на ориентацию магнитных стрелок (атомов) тепловое движение, вязкость?

Парамагнетики - вещества, слабо усиливающие магнитное поле.

Примеры: алюминий, вольфрам. Останется ли парамагнетик намагниченным, если убрать внешнее магнитное поле? Можно ли из парамагнетика изготовить постоянный магнит? Можно ли намагнитить парамагнетик до насыщения? Будет ли притягиваться парамагнетик к полюсам магнита?

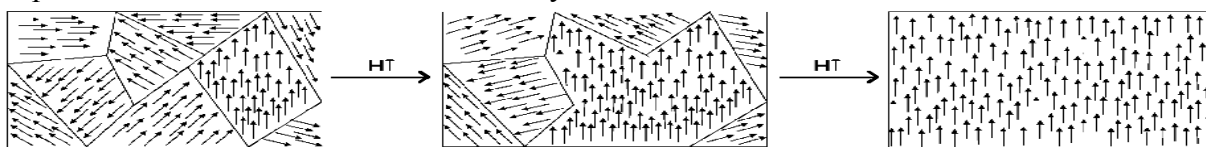
Ферромагнетики – вещества, в десятки тысяч раз усиливающие внешнее магнитное поле.

Примеры: железо, кобальт, никель, множество их сплавов и редкоземельные элементы. У здорового взрослого в организме находится, как правило, от трех до четырех граммов железа! **Ферромагнетики отличаются тем, что их намагниченность, появляющаяся в очень слабом магнитном поле, в десятки и даже сотни**

тысяч раз больше, чем у парамагнетика. Почему? Доменная структура ферромагнетика (домен – область спонтанной намагниченности). Атомы в доменах упорядочиваются так, что их магнитные поля направлены в одну сторону и усиливают друг друга. Почему ориентировать целые домены легче, чем огромное количество отдельных атомов? Почему ферромагнетик остается намагниченным после выключения внешнего поля?

Почему, например, железные гвозди не сохраняют своих магнитных свойств или быстро их теряют? Как их сохранить?

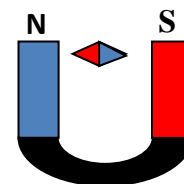
Дополнительный материал. Когда я подношу монетку из ферромагнетика к одному из магнитов, его сильное магнитное поле начинает воздействовать на все отдельные домены в монетке. Сами по себе атомы в доменах не движутся, но их магнитные поля переориентируются таким образом, чтобы их северные полюса оказались как можно дальше от северного полюса моего магнита. При этом все южные полюса доменов в монетке выстраиваются как можно ближе к магниту.



Демонстрации с моделью ферромагнетика – пробиркой, заполненной железным порошком. Почему при высоких температурах ферромагнетик становится парамагнетиком (например, железо при 770°C и выше)? Почему не намагниченный кусок железа притягивается к любому полюсу магнита?

Постоянные магниты – полосовые и дугообразные.

Самым первым магнитным материалом, с которым столкнулись люди, стал магнетит. Благодаря открытию магнетита в древности появился такой важный навигационный инструмент, как компас, а китайские учёные исследовали целебные свойства магнита на организм человека (магнитотерапия).



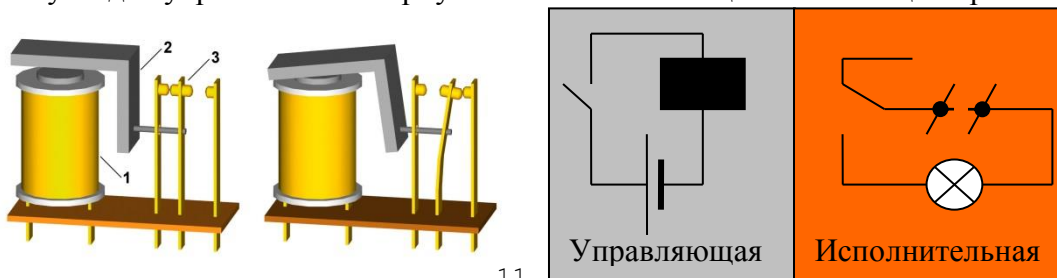
Дополнительная информация: Магнит считался хорошим, если он мог удерживать груз, масса которого равна его собственной массе. В 1969 году началось промышленное производство магнитов, которые сделаны из сплавов, содержащих редкие металлы – церий или самарий. Например, уместающийся на ладони магнит из сплава самария с кобальтом, способен удерживать небольшой автомобиль вместе с пассажирами. YBCO-магнит создает магнитное поле с индукцией 32 Тл и, кроме того, высокотемпературный сверхпроводник способен работать при высокой температуре $-196,15$ градуса Цельсия. Самыми большими по размеру магнитами оказываются звездные острова - спиральные галактики.

Электромагнит – соленоид с сердечником из мягкого ферромагнетика. Этот магнит можно включать и выключать простым включением и выключением тока. Соединение обмоток электромагнита и демонстрация принципа его действия.

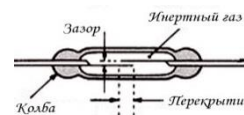
Подвеска и сила тяги поезда на магнитной подушке.

Электромагнитные реле (демонстрация).

Реле (на французском языке это слово означает промежуточную станцию для перезагрузки) – при некоторой величине управляющего сигнала резко изменяет управляемый сигнал. Реле используют для управления электроустановками с помощью ключа в цепи реле.

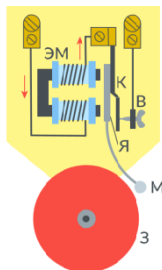


Магнитное поле, создаваемое обмоткой реле, требует подачи на обмотку напряжения в несколько вольт, а ток, протекающий по обмотке, может составлять несколько десятков миллиампер. Но при этом контакты реле могут пропускать ток в несколько ампер (а то и десятков ампер).



Геркон – магнитоуправляемый контакт (демонстрация).

Домофон на герконе (схема), датчики закрытия дверей и пристёгнутого ремня.



Электрический звонок (демонстрация).

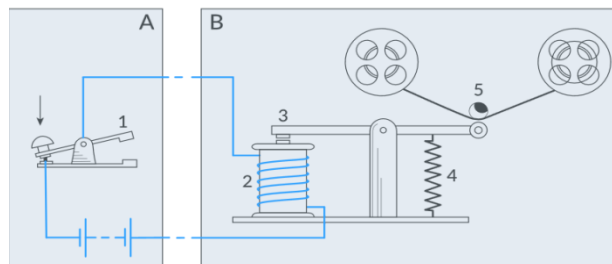
Телеграф. Сын спрашивает отца: «Папа, как устроен телеграф?»

Отец отвечает: «Представь себе длинную собаку, голова которой в Европе, а хвост в Америке. Ее тянут за хвост в Нью-Йорке, а залает она в Лондоне. Так устроен телеграф».

Мальчик спрашивает тогда: «А как же устроен беспроводный телеграф?»

На это отец отвечает: «Точно так же, но только без собаки».

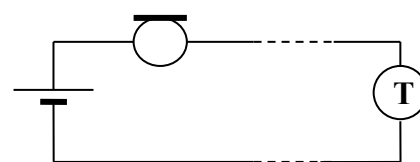
Помогите разобраться с этим объяснением.



Микрофон угольный (демонстрация с изменением сопротивления угольного порошка при изменении давления). Обозначение на схемах:



Телефон (вблизи полюсов дугообразного электромагнита устанавливают упругую стальную пластинку). Александр Белл, будучи страстно влюблен в свою глухую ученицу, пытался создать искусственное ухо, а изобрел телефон!



Какую пользу может получить компания от электрической игрушки?

Уильям Ортон, президент Western Union, телеграфной компании, отказавшейся в 1878 году приобретать патент Александра Белла на телефон.

Когда придумано было это электричество, стали его прилагать к делу: придумали золотить и серебрить электричеством, придумали свет электрический и придумали электричеством на дальнем расстоянии с места на место передавать знаки.

Л.Н. Толстой

В Тринити - колледже рассказывают о знаменитой фразе Резерфорда по поводу коллег с гуманитарных факультетов: «Они слишком гордятся тем, что не знают, что происходит между тем моментом, когда они нажимают кнопку дверного звонка, и моментом, когда звонок начинает звенеть».

IV. Демонстрация кинофрагмента "Электромагнит"

Вопросы:

1. Что произойдет с гвоздем, на который намотан изолированный провод, если по проводу потечет электрический ток?
2. Чем создается магнитное поле постоянного магнита?
3. Почему железный сердечник, внесенный в катушку с током, притягивает железные предметы?
4. Магнитный полюс - это такая область, где линии магнитного поля выходят наружу. Так ли это?
5. Каким образом можно усилить магнитное поле катушки с током?
6. Два железных стержня притягиваются друг к другу, какими бы концами их не сближали. Могут ли они оба быть магнитами?
7. Полосовой магнит разрезали на куски одинаковой длины. Какой из получившихся кусков окажется намагниченным сильнее: который

находился ближе к концам или ближе к середине магнита?

8. Почему железо теряет свои ферромагнитные свойства в жидком, и в газообразном состоянии?
9. Почему магниты притягиваются к холодильнику?
10. Почему железные опилки, притянувшись к полюсам магнита, торчат в разные стороны?
11. Почему на постоянном магните можно удерживать цепочку железных предметов?
12. Прежде чем зерно попадает на жернова мельницы, его пропускают между полюсами сильного электромагнита. Для чего это делают?
13. Как построить сильный электромагнит, если поставлено условие, что бы ток в его обмотке был сравнительно слабым?
14. Существует ли магнитное поле внутри постоянного магнита?
15. Почему при приближении к одному полюсу магнита куска железа другой полюс начинает притягивать сильнее.
16. Почему большая консервная банка отрывает от сильного магнита притянутую им кнопку?

V. §§ 58-60. Упр. 30, № 1-4, задание 13.

1. Возьмите в руку компас и походите с ним по комнатам своего дома. Что вы наверняка обнаружите?
2. Спичку подвесьте на тонкой нити длиной 0,5 м. Поднесите к головке спички сильный магнит, она почти не притягивается. Сожгите серную головку спички и вновь поднесите магнит. С расстояния 1 - 2 см головка спички притягивается к магниту. Проведите опыт и объясните явление.
3. К одной из точек на внешней стороне кольца из железной проволоки был приставлен одним из полюсов сильный электромагнит. Намагнитится ли кольцо?
4. Подвесьте несколько швейных иголок за ушки к ниткам, сложенным в один пучок. Если снизу к иголкам поднести сильный полосовой магнит, ось которого вертикальна, то нижние концы иголок сначала разойдутся, а затем, когда магнит приблизится почти вплотную, соберутся, вместе. Верхние же концы немного разойдутся. Что будет наблюдаться при удалении магнита? Проведите опыт и укажите причины такого, поведения иголок.
5. В книге одного из первых исследователей земного магнетизма Гильберта описан следующий опыт. Если бить молотком по железной полосе, расположенной в направлении с севера на юг, то она намагнитится. Объясните это явление. Как будут расположены полюса у этого магнита.
6. Легкую, иголку подвесьте на короткой нити вблизи магнита так, чтобы она притягивалась к магниту, не касаясь его, и висела в воздухе. Поднесите к иголке горящую спичку. Иголка падает. Остыв, она снова притягивается к магниту. Проведите опыт и объясните явление.
7. Полосовой магнит разделили на две равные части и получили два магнита. Будут ли эти два магнита оказывать такое же действие, как целый магнит, из которого они получены?
8. Изучить взаимодействие двух керамических магнитов и установить зависимость силы от расстояния между их полюсами.
9. Если на торец железного стерженька наклеить тонкую полоску слюды и покрутить стержень в поле сильного магнита, то отчетливо будут слышны щелчки, вызываемые перемещением образца. Почему?

10. Два блестящих стерженька внутри лампочки накаливания, на которых держится вольфрамовая спираль, сделаны из платинита – вещества, у которого температура Кюри порядка $110 - 120^{\circ}\text{C}$. Предложите план эксперимента по наблюдению превращения ферромагнетика в парамагнетик.

Магниты, верно, служат человечеству.

Д. Сахаров

Урок 55/4.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9:

«СБОРКА ЭЛЕКТРОМАГНИТА И ЕГО ИСПЫТАНИЕ».

Как ведет себя компас на полюсах Земли?

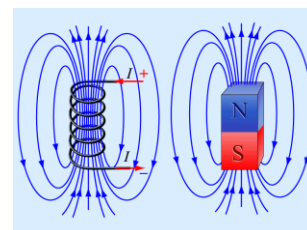
ЦЕЛЬ УРОКА: Научить учащихся собирать из готовых деталей электромагнит и испытать его действие.

ТИП УРОКА: лабораторная работа.

ОБОРУДОВАНИЕ: источник тока, реостат, ключ, амперметр, соединительные провода, компас, электромагнит разборный.

ПЛАН УРОКА:

- | | |
|------------------------|---------|
| 1. Вступительная часть | 1-2 мин |
| 2. Опрос | 15 мин |
| 3. Краткий инструктаж | 5 мин |
| 4. Выполнение работы | 20 мин |
| 5. Задание на дом | 2-3 мин |



II. Опрос фундаментальный: 1. Магнитные свойства вещества. 2. Электромагниты. 3. Использование электромагнитов.

Задачи:

1. Нагреватель мощностью 4,5 кВт соединен с сетью двумя алюминиевыми проводами. Длина каждого 500 м, площадь поперечного сечения 140 мм^2 . Сила тока в цепи 100 А. Найдите напряжение на нагревателе и на источнике тока. Во сколько раз большее количество теплоты выделяется на нагревателе, чем на проводах?
2. С помощью электродвигателя подняли груз массой 5 кг на высоту 3 м в течение 10 с. Считая КПД этого двигателя равным 90 %, определите силу тока в нем, если двигатель работал при напряжении 12 В.

Вопросы:

1. Какие бывают магниты? Какими свойствами они обладают?
2. Как, по-вашему, могли образоваться природные магниты, которые находили в Магнесии?
3. Как можно объяснить магнитное взаимодействие?
4. Почему ударами молотка можно размагнитить сильный магнит, а легким постукиванием по стальному стержню можно его намагнитить?
5. В узкую щель между досками пола упала стальная иголка. Как вынуть иголку, используя магнит, который не проходит в щель, и тонкую железную пластинку?
6. Намагниченная стальная полоска сгибается так, что концы ее соединены. Будет ли место соединения концов притягивать железные предметы?

7. Внутри соленоида с током ввели часть железного сердечника. Почему он втягивается внутрь соленоида?
8. Если вблизи магнитной стрелки, укрепленной на пробке в стакане с водой, поместить полюс полосового магнита, то стрелка не только повернется по направлению магнитного поля, но и начнет двигаться в сторону магнита. Почему?
9. Если магнит дугообразный, то железный гвоздь одним концом притягивается к одному полюсу, а другим – к другому (демонстрация). Почему?
10. В поддоне тракторного двигателя для слива масла имеется отверстие, в которое завинчивается намагниченная пробка. Каково ее назначение?
11. Какие явления свидетельствуют о существовании магнитного поля у Земли?
12. Правда ли, что сделать из железа магнит гораздо дешевле, чем из магнита железо?

III. *Наша всеобщая мать Земля – это большой магнит!*

У. Гильберт

Магнитное поле Земли повсеместно. Оно пронизывает наши города, леса и горные массивы. Ученые полагают, что магнитное поле Земли создается электрическими токами, проходящими через ее внешнее жидкое ядро в ходе его вращения. Из-за насыщенности железом это инертное внешнее ядро представляет собой электрический проводник, то есть может вести себя подобно электромагниту.



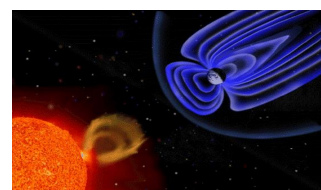
Магнитное поле Земли. Южный магнитный полюс расположен на севере Канады, в 1500 км от северного географического полюса. **Координаты южного магнитного полюса в 2001 году: 81,2° с.ш. и 110°48' з.д.** Склонение – угол между географическим и магнитным меридианом.



Дрейф магнитных полюсов. Какова природа земного магнетизма? Почему географические и магнитные полюса не совпадают?

Почему дрейфуют магнитные полюса? За последние 200 лет магнитное поле планеты ослабло на 15 процентов. На эти вопросы наука еще должна ответить. Магнитные бури.

Магнитные аномалии. Радиационные полюса.



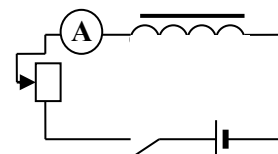
Магнитные аномалии. Радиационные полюса.

Краткий инструктаж по выполняемой лабораторной работе № 9.

Электрическая схема установки вычерчивается на доске. Изучение магнитного поля катушки с током (его зависимость от силы тока и сердечника), сборка электромагнита и испытание его действия, зарисовать в тетради направление тока в катушках электромагнита и промаркировать его полюса.

IV. Выполнение работы по описанию учебника.

- Собрать электрическую цепь. Замкнуть ключ, установить направление тока в катушке и направление магнитного поля тока. С помощью компаса определить полюса магнитного поля катушки. Сделать рисунок и выводы.
- Установить минимальную силу тока в цепи и измерить расстояние, на котором еще заметно действие магнитного поля катушки с током на магнитную стрелку. Аналогичные измерения выполнить при максимальной силе тока. Сделать выводы.



- Повторить измерения при введенном в катушку сердечнике. Сделать выводы.

№ п/п	$I_{\text{мин}}, \text{A}$	Расстояние $r_1, \text{см}$	$I_{\text{мах}}, \text{A}$	Расстояние $r_2, \text{см}$	Выводы
Без сердечника					
С сердечником					

Дополнительное задание: Из провода и железного стержня изготовите простейший электромагнит и выясните, зависит ли "магнитная сила" электромагнита, от силы тока в катушке, от наличия в ней сердечника, от числа витков катушки, от длины катушки. Выясните, изменяется ли положение полюсов на катушке при изменении направления тока в ней. Правда ли, что чем сильнее магнит, тем быстрее будет разряжаться батарейка?

V. Задание № 12, задачи для повторения 57- 61.

1. Как включить электрический звонок, чтобы при нажатии кнопки был слышен лишь один удар молоточка?
2. Одинаково ли влияния постукивания в процессе намагничивания тела и на уже намагниченное тело?
3. Почему мигрирующие птицы стараются пересидеть вспышку, особенно в пасмурную погоду? Как бы мог работать «птичий» магнитный компас?
4. Открытие физика Араго в 1820 г. заключалось в следующем: когда тонкая медная проволока, соединенная с источником тока, погружалась в железные опилки, то они притягивались к ней. Объясните явление.
5. Исследуйте и попытайтесь объяснить, почему спичка со сгоревшей головкой притягивается к магниту, а с целой головкой – нет.

Что польза магнита очень велика и прямо изумительна – это настолько хорошо известно, что нет необходимости произносить по этому поводу длинную речь.

Э. Райт



ДЕЙСТВИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ТОК

Правило левой руки, правило правой руки, правило буравчика. Как разобраться?

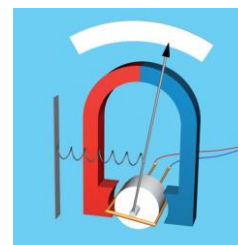
ЦЕЛЬ УРОКА: Изучить действие магнитного поля на проводник с током и научить учащихся определять направление силы Ампера. Продемонстрировать технические применения данного свойства магнитного поля.

ТИП УРОКА: комбинированный.

ОБОРУДОВАНИЕ: проводник из фольги, магниты дугообразные, катушки Гельмгольца, рамка, выпрямитель ВС-24 – 2 шт., громкоговоритель, электроизмерительный прибор магнитоэлектрической системы.

ПЛАН УРОКА:

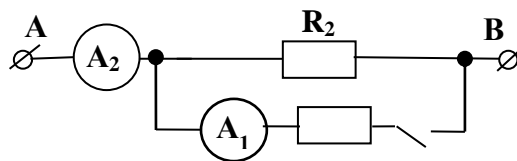
1. Вступительная часть
2. Опрос
3. Объяснение
4. Закрепление
5. Задание на дом



II. Задачи:

1. Плитка при номинальном напряжении 220 В имеет мощность 880 Вт. При включении плитки в сеть напряжение на розетке изменяется с 220 до 200 В. Определить сопротивление подводящих проводов.
2. Школьница проводила опыты с электрической цепью, схема которой

изображена на рисунке. Когда она подключила выводы А и В цепи к батарейке и замкнула ключ К, то заметила, что амперметр A_1 показывает значение силы тока 1 мА, а амперметр A_2 – значение 3 мА. Какими будут показания амперметров, когда она разомкнет ключ? Приборы считайте идеальными.

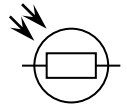


3. Для нормальной работы некоторого электрического прибора требуется, чтобы подаваемое на него напряжение было не менее 200 В. В этом случае потребляемая прибором мощность 1 кВт. В силу большой удаленности прибора от розетки, его приходится включать в сеть через удлинитель. Напряжение в розетке составляет 220 В. На каком максимальном удалении от розетки может работать прибор, если провода удлинителя изготовлены из меди и имеют диаметр 1 мм?

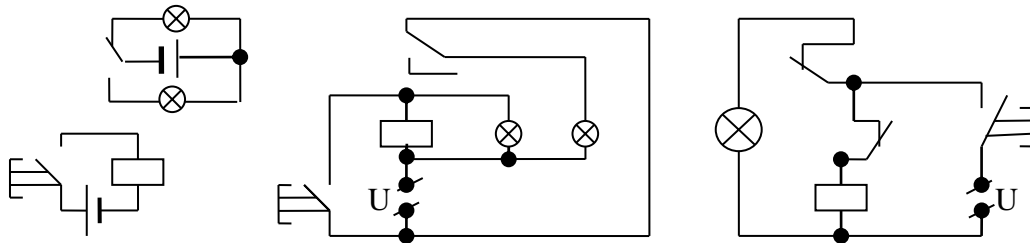
Вопросы:

1. Почему два гвоздя, притянувшиеся к магниту, расходятся свободными концами?
2. Как нам определить, где находится магнитный север и магнитный юг у соленоида?
3. Отчего вертикально стоящие стальные оконные решетки (штативы) с течением времени намагничиваются? На каком конце вертикального прута возникает северный полюс, и на каком - южный?
4. Как изготовить электромагнит, подъемную силу которого можно регулировать?
5. Когда нет перемещения, тогда нет и работы в механическом смысле. На что же расходуется электроэнергия, подводимая к электромагниту, когда он "держит" груз?
6. Почему магнитная стрелка вблизи полюса сильного магнита притягивается к нему, а в магнитном поле Земли – только поворачивается?
7. Можно ли на Луне ориентироваться с помощью магнитного компаса?
8. Почему при полетах над областью магнитной аномалии нельзя пользоваться для ориентировки обычным компасом?
9. Гравитация слабее магнетизма. Как это доказать?
10. Охраняемый объект окружен тонкой проволокой. Предложите схему цепи для сигнализации о разрыве проволоки.
11. При прекращении подачи тока от сети в цепи вагона троллейбуса автоматически загораются аккумуляторные лампы. Нарисуйте схему такого устройства.
12. Используя ртутный контактный термометр (демонстрация), электромагнитное реле, звонок и источник тока, предложите схему электрической цепи для измерения предельной температуры.
13. Используя фоторезистор, электромагнитное реле, лампочку накаливания и

источник тока, предложите схему электрической цепи для автоматического включения или выключения уличного освещения.



14. Как работают цепи, схемы которых изображены на рисунках?



15. Разработайте способы размагничивания намагниченного тела (размагничивание кораблей).

16. Если иголку сориентировать по направлению магнитного поля Земли и несколько раз ударить по ее тупому концу, то она намагнитится. Почему? В США по железной дороге на юг везли несколько роторов паровых машин, и они сильно намагнитились. Почему?

17. Какие четыре полюса находятся в Антарктиде?

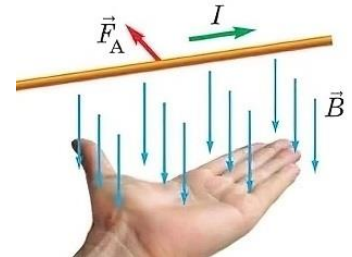
18. Качественная бытовая нержавеющая сталь совершенно не притягивается магнитом. Почему? Содержит более 12% хрома!

19. Как будет ориентироваться дугообразный магнит, если его подвесить на нити?

20. Стальной, хорошо отполированный шар имеет идеально круглую форму. Можно ли намагнитить этот шар? Ответ обосновать.

21. К одному и тому же полюсу магнитной стрелки поднесли стальной стержень поочередно разными концами. Стрелка в обоих случаях отталкивалась. Как это удалось сделать?

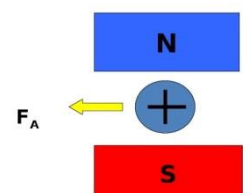
22. Когда через стальной не намагниченный стержень пропустили большой ток, то стержень оказался в сильном собственном магнитном поле. Намагнитился ли он?



III. Демонстрация действия магнитного поля на проводник с током (рисунок на доске). Сила Ампера. Сила перпендикулярна как индукции магнитного поля, так и проводнику с током. **Правило левой руки** для определения направления силы: "Если левую руку ... (в шутку "...правой ноги..."). Почему так пишешь? Тренировки с дугообразным магнитом и проводником с током: определение направления электрического тока в проводе, полюсов магнита, направления действующей на проводник с током силы.

Краб, живущий на мелководье, - настоящий политик. Когда опасность угрожает ему сверху, он смотрит прямо перед собой и убегает вбок.

Автор неизвестен



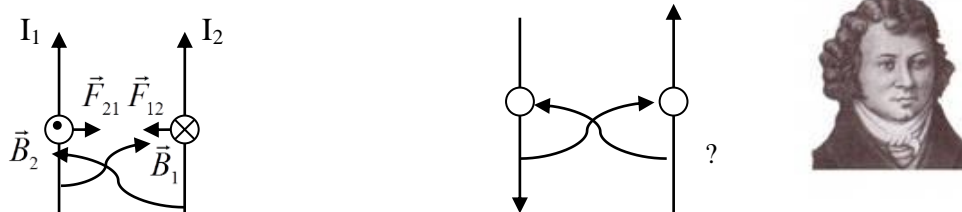
С помощью сильного магнита можно установить, постоянный или переменный ток течет по проводу!

От чего зависит сила Ампера, действующая со стороны магнита на ток?

$$F_A = I \cdot B \cdot \Delta l \cdot \sin \alpha$$

Электрическая сила (\vec{F}_e) - сила, с которой электрическое поле действует на помещенный в него заряд. $\vec{F}_e = q\vec{E}$

Взаимодействие параллельных токов (последовательные рассуждения с определением направления сил).

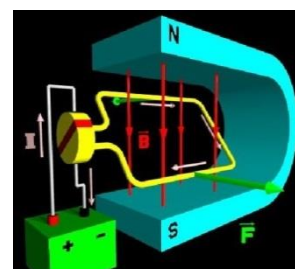


"Токовые весы". Один ампер (1 А) равен силе постоянного тока, который, протекая по двум длинным прямолинейным проводникам, расположенным параллельно в вакууме на расстоянии 1 м друг от друга, создает на участке проводника длиной 1 м силу $2 \cdot 10^{-7}$ Н.

Историческая справка. Известный французский физик и математик Андре Мари Ампер (1775–1836) был невероятно рассеян. Однажды, выходя из своего дома, он мелом написал на двери: «Господа! Хозяина нет дома, приходите вечером». Вскоре Ампер вернулся обратно, но, увидев на двери эту надпись, снова ушел. Домой он пришел поздно вечером.

При помещении рамки, в обмотке которой течет ток, между полюсами магнита, она начинает вращаться (демонстрация).

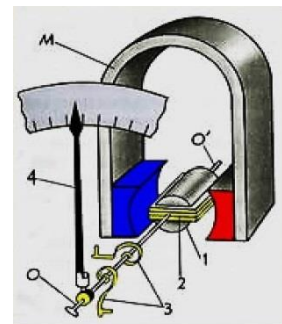
Электрический двигатель — это устройство, в котором электрическая энергия преобразуется в механическую энергию. **Электродвигатель постоянного тока** (демонстрация с катушкой Гельмгольца и рамкой с током).



Историческая справка. Первый электродвигатель был создан в 1834 году в Петербурге инженером *Борисом Семёновичем Якоби* (ещё был жив А.С. Пушкин!). Устройство, автоматически изменяющее направление тока в рамке, называют коллектором. Электрические двигатели имеют существенные преимущества перед тепловыми двигателями: они более компактны, экономичны (их КПД достигает 98%), удобны в применении (их мощность легко регулировать), не загрязняют окружающую среду.

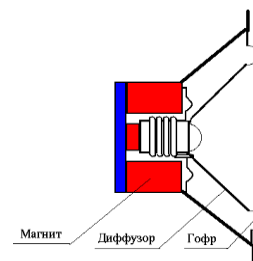
Электроизмерительные приборы магнитоэлектрической системы.

Историческая справка. В 1882 г. Жак Арсен д'Арсонваль изобрел гальванометр со стационарным постоянным магнитом. Между его полюсами помещалась проволочная катушка. Когда по ней протекал электрический ток, она создавала магнитное поле и поворачивалась. К катушке была прикреплена стрелка, угол отклонения которой менялся пропорционально току, идущему через катушку. Когда ток выключали, небольшая крутильная пружина возвращала катушку и стрелку в нулевое положение (демонстрация с объяснением принципа действия прибора).



Громкоговоритель (демонстрация действия магнитного поля на проводник, по которому течет переменный ток). Диффузор громкоговорителя прикреплен к цилиндру, на который намотана катушка,

помещенная в поле постоянного магнита. Магнит имеет внешнее кольцо и внутренний, входящий в катушку стержень. Таким образом, катушка оказывается в магнитном поле магнита. Сам конусообразный диффузор прикреплен к держателю с помощью гофра. Диффузор должен быть легким, но жестким, чтобы он двигался как единое целое.



Демонстрации с громкоговорителем и звуковым генератором.

Обозначение громкоговорителя на электрических схемах:

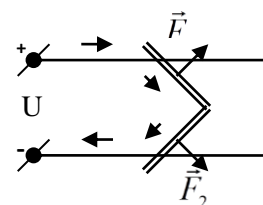


III. Задачи:

1. По горизонтально расположенному проводнику длиной 20 см и массой 4 г течёт ток 10 А. Найти индукцию магнитного поля, в которое нужно поместить проводник, чтобы сила тяжести уравнивалась силой Ампера. Сделать чертёж.
2. Определите электрическую силу, действующую на пылинку с зарядом 10 мкКл в однородном электрическом поле с напряженностью 0,3 кН/Кл.
3. Горизонтальные рельсы находятся на расстоянии 0,3 м друг от друга. На них лежит стержень перпендикулярно рельсам. Какой должна быть индукция магнитного поля для того, чтобы стержень начал двигаться, если по нему пропускать ток 50 А? Коэффициент трения стержня о рельсы 0,2. Масса стержня 0,5 кг.

Вопросы:

1. Подковообразный магнит держат вертикально так, что его северный полюс находится слева, а южный – справа. По проводу, расположенному между полюсами магнита, течет ток в направлении от вас. В каком направлении действует на провод сила?
2. В магнитное поле, направленное в доску, помещен провод, по которому течет ток справа налево. Определите направление силы Ампера.
3. Как взаимодействуют провода, питающие двигатель троллейбуса?
4. Как будут взаимодействовать между собой витки соленоида, если по ним потечет: а) постоянный ток; б) переменный ток?
5. Почему замкнутый подвижный проводник, по которому идет ток, стремится принять форму кольца, даже если он не находится в магнитном поле?
6. Ток в горизонтальном проводе течет с юга на север. Куда направлена сила, действующая на провод со стороны магнитного поля Земли в Томске?
7. В каком случае сила действия магнитного поля на проводник с током равна нулю?
8. В какую сторону отклонится горизонтальный пучок положительных ионов, движущийся справа налево, если к нему сверху поднести магнит?
9. Объясните принцип действия электромагнитной пушки.



На испытаниях в США электромагнитная пушка за 5 минут накопила в своих аккумуляторах

33 МДж энергии и в мощной вспышке выбросила 10-киллограммовую болванку за 10 секунд со скоростью в пять раз выше скорости звука на расстояние 200 км.

10. Отчего пламя свечи, помещенное между полюсами сильного магнита, выталкивается наружу?
11. Громоотвод был соединен с землей при помощи тонкостенной металлической трубки. Почему после удара молнии трубка превратилась в стержень?
12. Как с помощью телевизора определить полюса подковообразного немаркированного магнита?
13. Почему “гудят” провода в линиях электропередачи?

IV. § 61. Подготовиться к лабораторной работе № 10.

1. Демонстрация "пляски" алюминиевой фольги: вдоль прямой на равном расстоянии установить 5-6 дугообразных магнитов, между которыми пропустить ленту, включенную в цепь постоянного тока через выключатель. При быстром переключении направления тока лента приходит в движение.
 2. Предложите автоматическую схему гашения света в подъезде (на площадке) через 2-3 минуты после открытия входной двери.
 3. Как с помощью магнита проверить подлинность доллара (ферромагнитная краска)?
 4. Как сравнить силы магнитов, используя канцелярские скрепки?
 5. Из керамического магнита, пузырька для лекарств, проволоки и скотча сконструируйте и испытайте громкоговоритель.
- ... чтобы узнать вещь, нужно ее сделать; ибо хотя вы думаете, что знаете ее, в этом не может быть уверенности, пока вы не попытаетесь ее сделать.*

Софокл

Урок 57/6

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10: «ИЗУЧЕНИЕ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА»

Как взаимодействуют электрический ток и магнитное поле в электродвигателе?

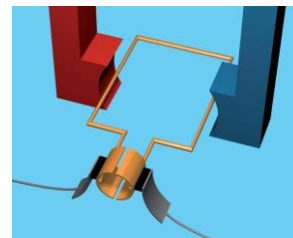
ЦЕЛЬ УРОКА: Подробнее познакомить учащихся с устройством и принцип действия электрического двигателя постоянного тока.

ТИП УРОКА: лабораторная работа.

ОБОРУДОВАНИЕ: электродвигатель постоянного тока, электродвигатель лабораторный, блок питания, реостат, соединительные провода.

ПЛАН УРОКА:

1. Вступительная часть
2. Опрос
3. Краткий инструктаж
4. Выполнение работы
5. Задание на дом



II. Опрос фундаментальный: 1. Определение направления силы, действующей со стороны магнитного поля на проводник с током. 2. Электродвигатель постоянного тока. 3. Громкоговоритель и другие приборы магнитоэлектрической системы.

Задачи:

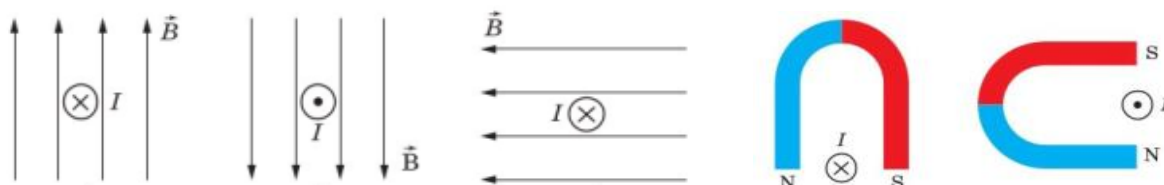
1. Вентилятор включен в сеть с напряжением 220 В, по его обмотке течет ток 5

А. Если удерживать лопасти вентилятора, не давая им вращаться, то вентилятор начнет греться. При этом выделяется тепловая мощность 2,2 кВт. Найти КПД вентилятора.

2. При испытании новой модели электрического чайника, рассчитанного на мощность 300 Вт и напряжение сети 110 В, оказалось, что вода нагревается почти до 100°C , но не закипает. За какое время чайник выкипит наполовину, если его подключить к сети напряжением 220 В? Масса воды 1 кг, удельная теплота парообразования 2,3 МДж/кг.

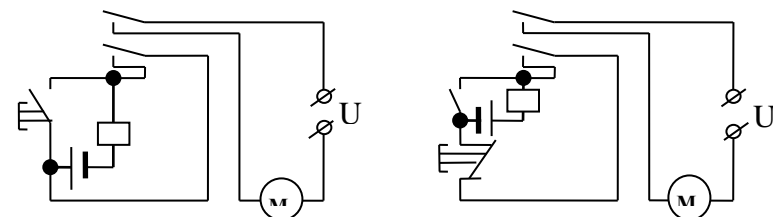
Вопросы:


1. В магнитное поле, направленное из доски, помещен провод, по которому течет ток слева направо. Определите направление силы Ампера.
2. К востоку или западу от магнитного меридиана будет отклонен магнитным полем Земли прямолинейный проводник с током, перпендикулярный линиям магнитного поля, по которому течет ток сверху вниз?
3. Объясните, почему прямоугольный проволочный виток с током всегда будет стремиться установиться в магнитном поле так, чтобы плоскость витка была перпендикулярна к полю. Как действуют силы на виток в таком положении? Где это явление можно использовать в технике?
4. Определите направление силы Ампера, действующей на проводник с током,



в каждом из приведенных случаев.

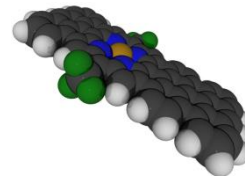
5. Каким образом можно изменить направление вращения рамки с током в магнитном поле?
6. Прямолинейный проводник с током расположен на оси кольцевого проводника с током. Как взаимодействуют эти проводники?
7. Как зависит скорость вращения якоря электродвигателя от величины магнитного поля индуктора?
8. Произведенная двигателем работа показывает, какая энергия передается от одного физического объекта (какого?) к другому (какому?) при их взаимодействии.
9. Как необходимо установить металлическую ленту из фольги с током, чтобы на нее действовало магнитное поле Земли?
10. На рисунках изображены электрические схемы пуска двигателя. В чем их отличие?



III. Вращающее действие магнитного поля используется в электродвигателях – машинах, преобразующих электрическую энергию в механическую энергию. Устройство и принцип действия электродвигателя, обозначение на электрических схемах: 

В какую сторону будет вращаться ротор электродвигателя при его подключении к источнику тока? Каково назначение коллектора?

Когда требуется плавное регулирование скорости, тяговые усилия и большой пусковой момент – применяются двигатели постоянного тока. Таковыми, например, являются двигатели электротранспорта, электрических мельниц, центрифуг.



Молекулярный двигатель.

На экзамене:

– Почему трамвай работает на постоянном токе?

– Если бы он работал на переменном токе, рельсы пришлось бы укладывать по синусоиде.

IV. Собрать из готовых деталей электродвигатель постоянного тока, присоединить его к источнику тока, проверить правильность работы схемы и зарисовать ее. Выяснить, каким образом можно изменить направление вращения и скорость вращения ротора электродвигателя. Заменить электромагнит постоянным магнитом и сделать выводы.

V. Задачи для повторения на странице 131.

Предложите идею электромагнитного двигателя для морского судна, у которого нет ни винтов, ни руля.

Довольствуйтесь тем, что имеете, радуйтесь тому, что происходит с Вами. Когда Вы поймете, что не испытываете ни в чем недостатка, вся вселенная будет принадлежать Вам.

Лао Цзы

Внешние признаки явлений не должны связывать суждений ученого. Истина должна быть главной целью его исследований. Если к этому добавится трудолюбие, то он может надеяться приподнять завесу в храме природы.

М. Фарадей

Урок 58/7

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ

Как можно получить электрический ток в цепи без источников тока?

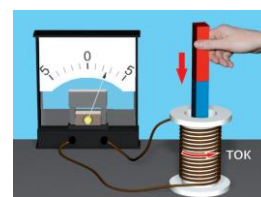
ЦЕЛЬ УРОКА: Познакомить учащихся с историей открытия электромагнитной индукции и основными особенностями этого явления. Дать представление о генераторе переменного тока.

ТИП УРОКА: лекция.

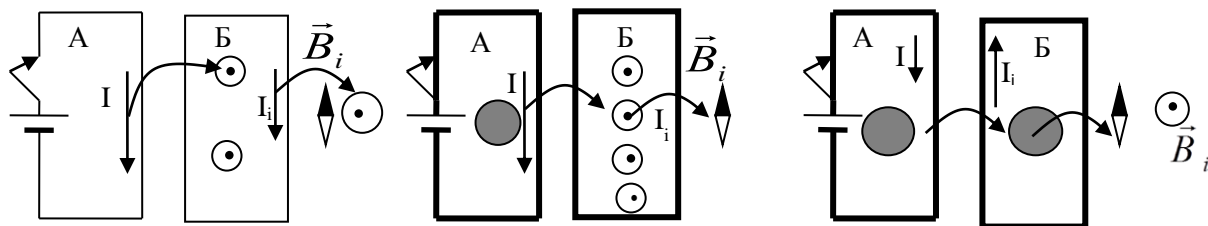
ОБОРУДОВАНИЕ: универсальный трансформатор с принадлежностями, гальванометр от вольтметра, магнит дугообразный, выпрямитель ВС-24, катушки Гельмгольца, рамка, генератор переменного тока.

ПЛАН УРОКА:

1. Вступительная часть
2. Лекция
3. Закрепление
4. Задание на дом



II. Электрический ток всегда окружен «магнитной шубой», поэтому они неразделимы как две стороны одной медали. Там, где возникает электричество, всегда будет магнитное поле, а там, где возникает магнитное поле, должен быть и электрический ток. Факты, которые удалось установить (повторение по кадрам диафильма): электрическое поле в проводнике вызывает электрический ток, а ток, в свою очередь, создает магнитное поле. Цель, которую поставил перед собой Фарадей: **"Превратить магнетизм в электричество!"**. Первые результаты пришли не сразу. Сначала, сколько Фарадей ни наблюдал за своей установкой, при протекании электрического тока по первичной обмотке тока во вторичной обмотке не возбуждалось. И тут на помощь пришел случай: обнаружилось, к полному удивлению Фарадея, что стрелка гальванометра в



цепи вторичной обмотки скачкообразно отклоняется от нулевого положения лишь при подключении или отключении батареи. Демонстрация кадра диафильма об истории открытия явления электромагнитной индукции. Почему Фарадею сразу не удалось наблюдать явление? Совершенствование демонстрационной установки и открытие электромагнитной индукции 29 августа 1831 г.

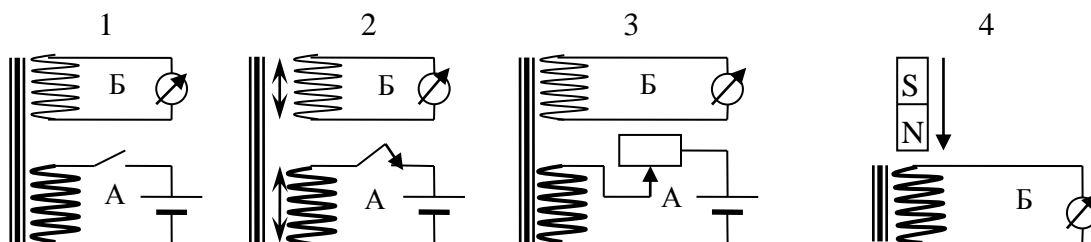
Ток, создаваемый магнитным полем (магнитной индукцией), называют **индукционным током**.

Необычайная быстрота и живость отличали его. Отблеск его гения окружал его какой-то особенной, сияющей аурой. Определённо каждый чувствовал это обаяние — будь то глубокий философ или простой ребёнок.

Уильям Томсон (лорд Кельвин)

Если вы хотите управлять электричеством, вам нужны магниты! Опыты Фарадея:

1. **Опыты с двумя катушками** (включение и выключение электрического тока в первой катушке).
2. **Опыты с двумя катушками** (перемещение одной катушки относительно другой).
3. **Опыты с двумя катушками** (изменение силы тока в первой катушке).
4. **Опыты с магнитом и катушкой**.



Вывод Фарадея: "В замкнутом проводящем контуре возникает электрический ток при всяком изменении числа линий магнитного поля,

пронизывающего поверхность, ограниченную этим контуром".

Электрический ток создает магнитное поле, а движущийся магнит генерирует электрический ток! Проводящий контур движется в магнитном поле. Почему же в контуре возникает индукционный ток? Электродинамическая подвеска в поездах на магнитной подушке.

Практическое значение открытия: Фарадей изготовил (открыл) принципиально новый источник электрического тока – замкнутый проводящий контур (катушка) в переменном магнитном поле.

Как это удивительно – обнаружить, что все явления природы управляются небольшим числом сил!

М. Фарадей

Генератор переменного тока (демонстрация с катушками Гельмгольца и рамкой). Ключевой особенностью динамо-машин (генераторов) является то, что для их работы необходимы магнитные поля.

Промышленный генератор переменного тока (демонстрация модели): якорь и индуктор, статор и ротор. **Электричество и магнетизм** тесно связаны друг с другом: линии электропередач создают магнитное поле, вращающиеся магниты в генераторе генерируют электричество.

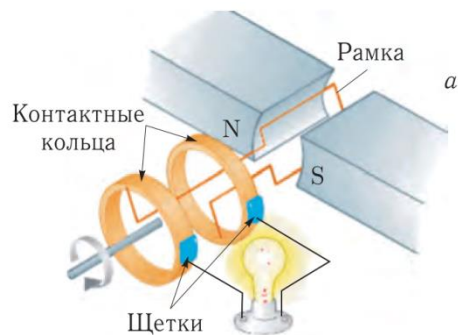
Он мог бы быть двигателем, но стал генератором!

Цитаты преподавателей МФТИ

III. Вопросы:

1. Можно, ли добиться отклонения стрелки гальванометра, имея в своем распоряжении лишь моток проволоки и кольцевой магнит?
2. Какими тремя способами можно изменить число линий магнитного поля, пронизывающий замкнутый контур?
3. При повороте катушки на 180° в магнитном поле Земли, гальванометр регистрирует ток. Почему?
4. Почему во время солнечной бури могут повреждаться энергосистемы и возникать помехи при телефонной связи?
5. Имеются два железных сердечника, один из сердечников намагничен. Как установить, какой из них намагничен, если в вашем распоряжении есть только моток медной проволоки и больше нет ничего?
6. Назовите основные явления, подтверждающие существование магнитного поля.
7. Как надо двигать в магнитном поле Земли медное кольцо, чтобы в нем индуцировался ток?
8. Если в детский автомобиль установить электрогенератор, то аккумулятор заставит работать электродвигатель, который приведет машину в движение. Вращение от колес будет передаваться генератору, который будет заряжать аккумулятор, и круг замыкается. Так ли это?

Дополнительная информация: Открытие электромагнитной индукции было воспринято



всем научным миром как крупная научная сенсация и принесло Фарадею всемирную известность. Тогдашний премьер-министр узнал об открытии из газет и посетил лабораторию. Посмотрев опыт, Премьер-министр воскликнул: «И эти детские игрушки принесли Вам такую славу?!». Легенда утверждает, что на это восклицание последовал следующий ответ Фарадея: «Сэр, я думаю, что из этих игрушек Вы будете извлекать налоги!».

IV. § 3, ст. 179.

1. Основную обмотку дроссельной катушки присоедините к гальванометру демонстрационного амперметра. Почему при внесении внутрь катушки отрезка водопроводной трубы возникает ток? Ударьте достаточно сильно молотком по концу трубы. Почему в момент удара возникает ток?
2. Полосовой магнит перемещается равномерно через замкнутое проводящее кольцо. Постройте примерный график зависимости силы тока в кольце от времени.
3. Если будет найден парадоксальный материал, для которого не выполняется правило Ленца, возникнет условие для создания вечного двигателя. Так ли это? Предложите проект такого двигателя.

Главное – понять, для чего тебя создал Бог.

Екатерина Щербаченко

Урок 59/8

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 6

Насколько же скрыта природа, если к открытию ее тайн нужно приближаться экспериментально.

А. Эйнштейн

Урок 60/9

ВИХРЕВОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

Как была установлена связь электрического и магнитного полей?

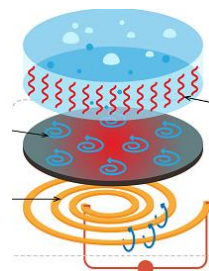
ЦЕЛЬ УРОКА: Дать общее представление о вихревом электрическом поле и вихревых электрических токах.

ТИП УРОКА: комбинированный.

ОБОРУДОВАНИЕ: универсальный трансформатор с принадлежностями, гальванометр от вольтметра, магнит дугообразный, источник переменного тока.

ПЛАН УРОКА:

1. Вступительная часть
2. Опрос
3. Объяснение
4. Закрепление
5. Задание на дом



II. Вопросы:

1. Для уничтожения кораблей применялись мины с индукционным взрывателем, основным элементом которой являлась катушка, намотанная на постоянный магнит. Объясните принцип его действия. Каким образом размагничивают корабли?
2. Катушка насажена на дугообразный магнит и подключена к гальванометру. Как, не двигая ни магнит, ни катушку, получить в цепи ток с помощью куска железа?
3. Для исследования стальных балок (рельсов) на них надевают катушку изолированной проволоки, замкнутой на гальванометр, и перемещают ее

вдоль балки. При всякой неоднородности строения балки (трещины, раковины и т.д.) в гальванометре возникает ток. Объясните явление.

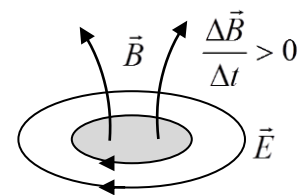
4. Какие превращения энергии происходят при введении магнита в замкнутое проводящее кольцо? Как будет вести себя кольцо?
5. Как надо перемещать в магнитном поле Земли замкнутый проводящий прямоугольный контур, чтобы в нем наводился ток?
6. Проволочное кольцо вращается в магнитном поле вокруг оси, совпадающей с его диаметром и параллельной линиям индукции поля. Будет ли индуцироваться ток в кольце?

III. Повторная демонстрация возникновения индукционного тока в замкнутом проводящем контуре при введении в него магнита. Неподвижный проводящий контур расположен в переменном магнитном поле. Почему же в контуре возникает индукционный ток? Какое поле может вызвать движение свободных заряженных частиц в проводнике, если он неподвижен? Батарейка?! Электрическое поле! Электрический ток в неподвижном контуре может вызвать только электрическое поле, которое в данном случае создается переменным магнитным полем. Магнитное поле не действует на неподвижные заряженные частицы. Вы можете поместить сильный магнит рядом с покоящейся заряженной частицей, но она ничего «не заметит»!

Электричество и магнетизм — две стороны одного и того же явления. И электрическое, и магнитное поле могут подталкивать движущийся электрон. Но результаты такого подталкивания разнятся. Электрическое поле будет подталкивать движущийся электрон в направлении действия поля. Магнитное поле - в сторону, перпендикулярно направлению поля.

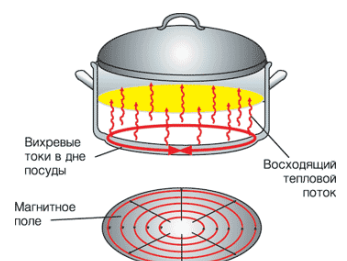
Определение направления вихревого электрического поля (образует левый винт с нарастающим и направленным, например, вверх магнитным полем). Установить направление вихревого электрического поля можно с помощью кольцевого проводника (направление тока совпадает с направлением поля). То, что один наблюдатель фиксирует как электрическое поле, другой наблюдатель на магните фиксирует как магнитное. **Эти два поля - просто разные проявления одной сущности!**

Изменяющееся в данной области пространства с течением времени магнитное поле, порождает в окружающем пространстве вихревое электрическое поле, которое образует левый винт с нарастающим вектором \vec{B} .



Вихревые токи. Опыты с универсальным трансформатором.

- Замкнутый проводящий контур с лампочкой в переменном магнитном поле от катушки универсального трансформатора на 220 В (от катушки на 6 В, подключенной к ЗГ).
- Нагревание алюминиевого и медного кольца (трогают ученики).

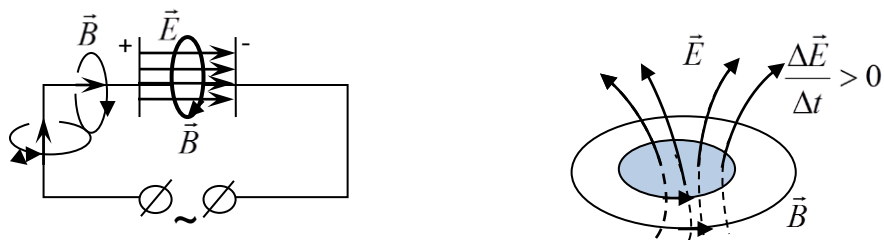


- Индукционные печи (демонстрация).
- Электродинамическая подвеска в поездах на магнитной подушке.

При движении поезда магнитный поток, проходящий через контур полотна, постоянно меняется, и в нем возникают сильные индукционные токи, создающие мощное магнитное поле, отталкивающее магнитную подвеску поезда. Сила эта настолько велика, что, набрав некоторую скорость, поезд буквально отрывается от полотна на 10-15 сантиметров и, фактически, летит по воздуху. Поезда на магнитной подушке способны развивать скорость свыше 500 км/ч, что делает их идеальным средством междугородного сообщения средней дальности.

- Трансформатор (подключение лампочки на 6 В).
- Сварочный трансформатор (демонстрация).
- В рамках металлодетектора создается переменное магнитное поле, и из-за него абсолютно во всех металлах возникают слабые электрические токи. Поэтому предметы сами становятся источниками магнитного поля, которое и улавливает детектор.

Дополнительная информация: Как работает нагревание в индукционной плите? В металлической кастрюле, имеющей большое электрическое сопротивление везде, кроме дна, из-за электромагнитной индукции происходит нагревание вихревым током. Подобный метод нагревания называют индукционным нагревом. В индукционных плитах находится электромагнит, на который подается переменный ток, создающий магнитное поле с периодически меняющимися полюсами. Поскольку индукционные плиты отдают тепло непосредственно кастрюле, получение тепловой энергии из электричества происходит гораздо эффективнее.



А не создает ли изменяющееся электрическое поле магнитное? Фактически, электроны не перескакивают с одной пластины на другую, однако ток всё равно проходит через конденсатор, поскольку электроны одной пластины взаимодействуют с электронами другой пластины. Находясь в непосредственной близости друг от друга, электроны передают другим электронам колебания переменного тока, обеспечивая, тем самым, протекание тока через, казалось бы, очевидный разрыв в электрической цепи.

Внутри конденсатора нет тока, но постепенно нарастающее электрическое поле создаёт такие же магнитные поля, как и ток в проводе.

Изменяющееся в данной области пространства с течением времени электрическое поле, порождает в окружающем пространстве магнитное поле, которое образует правый винт с нарастающим и направленным, например, вверх электрическим полем.

То, что наши органы чувств воспринимают как пустое пространство, на самом деле является домом для невидимых электрических и магнитных полей, которые оказывают воздействие на видимую нам материю.

IV. Задачи:

1. Трансформатор, погруженный в масло, вследствие перегрузки начинает греться. Каков его КПД, если при полной мощности 60 кВт масло массой 60 кг нагревается на 30°C за 4 минуты работы трансформатора? Удельная теплоемкость масла $2000 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$.

Вопросы:

1. В кольцо из диэлектрика (проводника) вводят магнит. Какое возникает явление?
2. Верно ли утверждение, что электромагнит не действует на медную пластинку?
3. Что общего и в чем различия электростатического и магнитостатического полей?
4. Почему изменения магнитного поля Земли генерируют электрические токи в соленой воде, литосфере Земли, линиях электропередач и других искусственных проводниках?
5. Для чего медное основание морских компасов делают массивным?
6. Перечислите реальные способы левитации.

V. Конспект.

Ум заключается не только в знании, но и в умении прилагать знания на деле.

Аристотель

*Чтобы познать что-либо, следует ответить на четыре вопроса:
Есть ли это? Что это? Каково это? Почему это?*

Арабский философ Абу-Юсуф Якуб бну Исхан аль Конди

Урок.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ

Электромагнитные волны правят нашим миром.

ЦЕЛЬ УРОКА: Дать представление об электромагнитном поле и его проявлениях.

ТИП УРОКА: комбинированный.

ОБОРУДОВАНИЕ:

ПЛАН УРОКА:

1. Вступительная часть
2. Опрос
3. Объяснение
4. Закрепление
5. Задание на дом



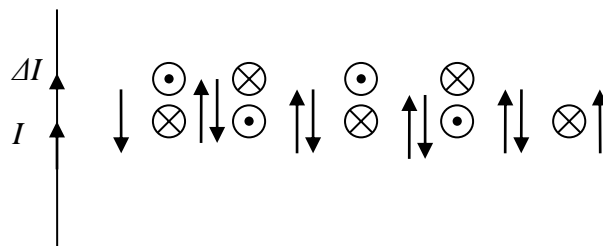
II. Вопросы:

1. Чем отличается электрическое поле, созданное неподвижными зарядами, от электрического поля, созданного переменным магнитным полем?
2. Плоский конденсатор подключен к источнику постоянного напряжения. Что

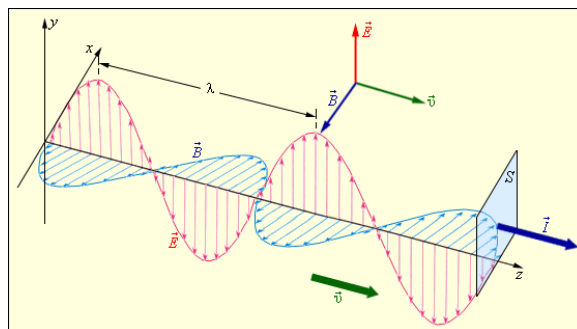
нужно сделать, чтобы вокруг конденсатора возникло магнитное поле?

3. Что общего и в чем различия между переменными электрическими и магнитными полями?
4. Какое поле может вызвать ток в замкнутом проводящем контуре?
5. Как перемещается по рельсам поезд на магнитной подушке?
6. Кольцо из медной проволоки быстро вращается между полюсами сильного магнита. Будет ли кольцо нагреваться?
7. Опишите механизм возникновения индукционного тока, опираясь на знание о существовании электромагнитного поля.
8. Молния ударила в здание физической лаборатории. Какие приборы могли сгореть?
9. Дайте рекламу вихревым токам.
10. Если подвесить на нитке металлическое кольцо, а внизу на центробежной машине укрепить дугообразный магнит, то при вращении магнита кольцо начинает вращаться в ту же сторону. Почему?

III. Пусть по прямому проводу течет нарастающий ток (рисунок на доске).



Направление магнитного и электрического поля электромагнитной волны в ее распространении расположены так же, как растопыренные под углами 90° большой, указательный и средний палец правой руки. Вперед распространяется волновой импульс, а после его прохождения поля гасят друг друга.



Скорость распространения электромагнитного импульса в вакууме $c = 300000$ км/с. Источником электромагнитной волны может быть любая заряженная частица, движущаяся с ускорением (то есть частица, которая все время изменяет скорость своего движения или по модулю, или по направлению, или одновременно и по модулю, и по направлению). Если по проводу (антенне) течет переменный ток, то в окружающем пространстве будет распространяться электромагнитная волна (Максвелл, 1864 г.)
Электромагнитная волна - взаимосвязанные колебания электрических и магнитных полей, распространяющиеся в пространстве с конечной скоростью. Длина электромагнитной волны – расстояние, на которое волна распространяется за время одного периода колебаний (показать на

рисунке). Переменные электромагнитные поля отрываются от проводника с током и переносят энергию в пространстве (опыты Г. Герца в 1888 г). Электромагнитная волна поддерживает себя в состоянии движения только благодаря тому, что одна ее составляющая, двигаясь вперед, подпитывает своей энергией другую! Интересно, что некоторые электромагнитные волны «путешествуют» во Вселенной почти с начала ее существования!

Если на некотором расстоянии от излучающей антенны поместить приемную антенну, то электромагнитная волна приведет в движение находящиеся в ней свободные электроны (в ней возникнет переменный ток той же частоты). На этом основана радиосвязь, телевидение, радиолокация. Когда вы разговариваете по мобильному телефону, ваша речь преобразуется телефоном в радиосигналы, долетающие до телефона приятеля, где они вновь преобразуются в звук, несущий информацию о том, что вы занимаетесь.

Скорость распространения волны: $v = \frac{\lambda}{T} = \lambda \nu$. В среде скорость электромагнитных волн меньше чем в вакууме (например, в стекле в 1,5 раза). Электромагнитные волны с длиной более 10 м используют в **радиосвязи**, волны метрового диапазона - **телевидении**, сантиметрового – **в радиолокации**. Электрический ток зарождается в микрофоне, протекает через антенну, образует радиоволны, усиливается транзисторами, раскачивает громкоговоритель, рисует картины на экране телевизора и т.д. **Видимый свет** – электромагнитные волны с длиной от 0,4 до 0,72 мкм. **Свет** - это лишь небольшая видимая часть спектра электромагнитного излучения, в состав которого входят радиоволны, ультракороткие волны, инфракрасный свет, ультрафиолетовый свет и гамма-лучи.

Шкала электромагнитных волн разделена на участки, соответствующие разным диапазонам длин и частот электромагнитных волн, то есть разным видам электромагнитных волн. У волн одного диапазона одинаковый способ излучения и похожие свойства.



Радиоволны - от сверхдлинных с длиной более 10 км до ультракоротких и микроволн с длиной менее 0,1 мм - создаются переменным электрическим током.

Микроволновое излучение - область спектра электромагнитного излучения с длинами волн от 1 м до 1 мм.

Электромагнитные волны оптического диапазона излучаются возбужденными атомами. В данном диапазоне различают:

- инфракрасное (тепловое) излучение (длина волны — от 780 нм до 1–2 мм);

– *Какие лучи называются инфракрасными?*

– *Невидимые лучи красного цвета.*

- видимый свет (длина волны — 400–780 нм);

- ультрафиолетовое излучение (длина волны — 10–400 нм).

Встречаются как-то в мороз два физика. Один другому и говорит:

– *Ну, у тебя и нос! 720 нанометров.*

– *Что, такой маленький?*

– *Нет. Такой красный.*

Рентгеновское излучение (длина волны — 0,01–10 нм) возникает вследствие быстрого (ударного) торможения электронов, а также в результате процессов внутри электронных оболочек атомов.

γ-излучение (длина волны менее 0,05 нм) испускается возбужденными атомными ядрами во время ядерных реакций, радиоактивных преобразований атомных ядер и преобразований элементарных частиц.

Дополнительная информация: Вся наша жизнь проходит среди волн, причем не только тех, которые мы можем увидеть, если смотреть в соответствующем направлении. Солнце, наши собственные тела, мир вокруг нас, а также всевозможные технические устройства, созданные человеком, постоянно генерируют электромагнитные волны. То же можно сказать о звуковых волнах: высоких и низких тонах, ультразвуковых волнах, которыми пользуются во время охоты летучие мыши, и инфразвуковых волнах, используемых слонами для предупреждения сородичей о непогоде. Интересно, что все эти волны могут проходить через одно и то же помещение, не смешиваясь между собой. Звуковым волнам абсолютно все равно, освещено помещение или погружено во мрак. А на световые волны никак не воздействуют фортепианные концерты и орущие младенцы. Вся эта какофония волн обрушивается на нас, когда мы открываем глаза и «включаем» слух. Но мы не сходим с ума, а просто отстраняемся от неактуальных для нас волн и настраиваемся на волны, несущие нам ту или иную полезную информацию.

IV. Задача:

1. Световой год – это расстояние, которое проходит свет в вакууме за один год. Чему равен световой год в системе СИ?
2. На какой частоте суда передают сигнал бедствия SOS, если по международному соглашению длина волны должна быть 600 м?
3. Скорость электромагнитной волны в среде от некоторого источника составляет $2,7 \cdot 10^8$ м/с. Определить период колебаний источника, если на пути $S = 270$ мкм укладывается $N = 500$ длин волн.
4. На какое количество частот может быть настроен радиоприемник FM-

диапазона (ультракороткие волны с частотой модуляции 87,5-108 МГц), если шаг поиска радиостанции 100 кГц?

5. Сколько электромагнитных колебаний (высокой частоты) с длиной волны 375 м происходит в течение одного периода звука с частотой 500 Гц, произносимого перед микрофоном передающей станции?

Вопросы:

1. Опишите процесс возникновения электромагнитной волны!
2. Какое устройство следует подключить в цепь передающей антенны, чтобы можно было передавать информации с помощью азбуки Морзе?
3. Почему в микроволновой печи разогреваются любые продукты, содержащие воду, ведь вода плохой проводник электрического тока?
4. Существовали ли радиоволны до появления радиопередатчиков?
5. Электромагнитная волна (сила) способна пересечь Вселенную. Так ли это?
6. Почему кусок сырого мяса, завернутый в металлическую фольгу, даже не нагревается в микроволновой печи?
7. Приведите примеры применения электромагнитных волн и их воздействия на живые организмы.
8. Почему башни телецентров строят очень высокими?
9. Назовите источники электромагнитных волн.

V. Конспект.

1. Пропадет ли сигнал связи, если телефон обернуть в алюминиевую фольгу?
2. Марсоходом, в отличие от лунохода, невозможно управлять дистанционно командами оператора, находящегося на Земле, в режиме реального времени. Время запаздывания в зависимости от взаимного положения Земли и Марса составляет от 3 минут 6 секунд до 22 минут 17 секунд. Почему?
3. Напишите микро-сочинение с ключевыми словами: катушка, магнит, провод, магнитная стрелка, какая-то тайна.

*Физика — какая емкость слова!
 Физика — для нас не просто звук,
 Физика — основа и опора,
 Всех без исключения наук!
 Автор неизвестен*

ПРИМЕРНЫЕ ТЕМЫ КУРСОВЫХ РАБОТ	ПРИМЕРНЫЕ ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ
<ol style="list-style-type: none"> 1. Эффект магнитной левитации и транспорт будущего. 2. Магнитные материалы и их использование. 3. Магнитная запись информации. 4. Проявление и применение магнитных взаимодействий в природе и технике. 5. Геомагнитное поле Земли. 6. Магнитные бури и их влияние на здоровье человека. 7. Различные электромагнитные устройства. 8. Генераторы электрического тока. 9. Никола Тесла — человек, опередивший свое время. 10. Как работают ускорители заряженных частиц. 11. МГД-генератор: что он генерирует и как работает. 12. Что такое петля гистерезиса и как она связана с намагничиванием и перемагничиванием. 13. Воздействие электромагнитного излучения на организм человека. 14. Воздействие электромагнитного излучения на организм человека. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Применения электродвигателей постоянного тока. 2. Влияние магнитного поля на жизнь и здоровье человека. 3. Сила Лоренца. Проявления силы Лоренца в природе, применение в технике. 4. История изучения магнетизма. 5. Магнитные моменты атома и его составных частей. 6. АнTIMАГНИТНЫЕ вещества и их применение. 7. М. Фарадей и Дж. Максвелл основатели теории электромагнитного поля. 8. Магнитные бури в атмосфере планет-гигантов Сатурна и Урана. 9. Что такое магнитный сепаратор и для чего он предназначен. 10. Магнитная жидкость: уникальные свойства, примеры применения. 11. Радиоволны в нашей жизни. 12. История изобретения радио. 13. Электромагнитный смог. 14. Использование радиолокации в астрономии. 15. Чем электрическое поле отличается от магнитного поля?

*Наука никогда не решает вопроса, не поставив
при этом десятка новых вопросов.
Бернард Шоу*

ЛИТЕРАТУРА:

1. Л.Я. Зорина. Дидактические основы формирования системности знаний Перышкин. Физика 8 класс. - М.: Дрофа, 2010.
2. Перышкин А.В. ГДЗ по Физике за 8 класс: Сборник задач. - М.: АСТ: Астрель старшекласников. – М.: Педагогика, 1978.
3. М.Е. Тульчинский. Качественные задачи по физике в средней школе. - М.: Просвещение, 1972.
4. Д. Джанколи. Физика. - М.: Мир, 1989.
5. В.И. Лукашик. Сборник вопросов и задач по физике. – М.: Просвещение, 1981.
6. Н.В. Любимов, С.М. Новиков. Знакомимся с электрическими цепями. – М.: Наука, 1972.
7. А.М. Прохоров и др. Физический энциклопедический словарь – М.: Советская энциклопедия, 1983.
8. А.А. Найдин. Системный подход при обучении физике в школе. Новокузнецк, МАОУ ДПО ИПК 2002 г., ISBN 5-7291-0266-6.
9. А.А. Найдин. Примерные планы уроков для 8 класса по теме «Магнитные и световые явления». – Новокузнецк, ИПК, 1997 г.
10. Физика и жизнь. Законы природы: от кухни до космоса / Элен Черски; пер. с англ. И. Веригина; [науч. ред. А. Минько]. — Москва: Манн, Иванов и Фербер, 2021. — 336 с.