

Формулы для ЕГЭ по физике «Электродинамика»

Электромагнитные взаимодействия являются наиболее фундаментальными силами в природе. Они лежат в основе сил упругости, трения, а также возникают непосредственно при взаимодействии электрических зарядов.

Каждое заряженное тело имеет некоторый заряд.

Электрический заряд (q) – физическая величина, которая характеризует электромагнитное взаимодействие. Измеряется заряд в Кулонах (Кл).

Заряд – это дискретная величина, поскольку её можно разделить на элементарные величины.

Элементарная величина заряда электрона равна $e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

Протон имеет такой же заряд, только положительный.

Заряды бывают двух видов: положительные и отрицательные.

Тела, которые имеют одинаковый по знаку заряд, всегда отталкиваются.

Если же тела заряжены разноименно, то они будут притягиваться друг к другу.

Для того, чтобы тела электрически взаимодействовали, их необходимо электризовать.

Электризация – это процесс, в результате которого происходит распределение заряда, в результате чего тело заряжается.

Самым простым способом достижения электризации является трение.

В природе результатом электризации является молния. В данном случае тучи и земля имеют противоположные заряды, в результате чего и проскакивает искра с различной интенсивностью.

Во время электризации происходит перераспределения заряда. Электроны переходят от одного тела к другому, но при этом они никуда не деваются. И если их вернуть в первоначальное положение, то суммарный заряд будет равен нулю.

Суммарный заряд изолированной системы остается неизменным:

$$q_1 + q_2 + \dots + q_n = \text{const.}$$

Если два заряженных тела привести во взаимодействие, то заряд распределится таким образом, что оба тела станут одинаково заряженными.

Закон Кулона утверждает, что сила, с которой взаимодействуют заряды, напрямую зависит от произведения модулей зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними:

$$F = \frac{k \cdot |q_1| \cdot |q_2|}{r^2}.$$

Коэффициент пропорциональности: $k = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{Кл}^2$

Данный закон справедлив только для **статических** зарядов, которые можно принять за **точечные** в вакууме.

Если же заряженные тела находятся в некоторой среде, то при описании закона Кулона нужно учитывать диэлектрическую проницаемость среды, которая уменьшает взаимодействие в некоторое количество раз:

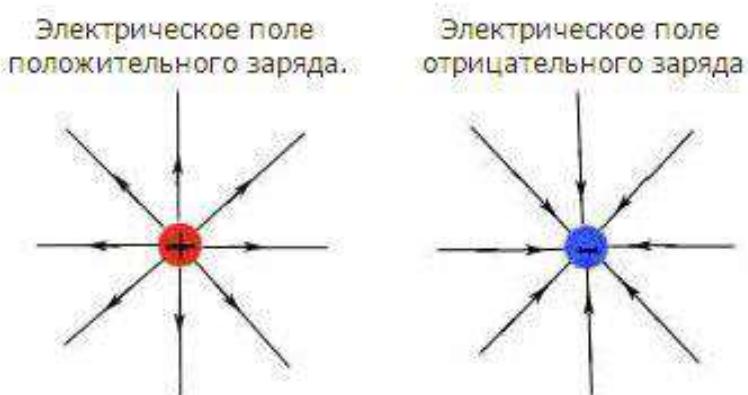
$$F = \frac{k \cdot |q_1| \cdot |q_2|}{\epsilon r^2}.$$

Диэлектрическая проницаемость среды ϵ – безразмерная величина. Определить её можно с помощью специальных таблиц.

Все заряженные тела имеют вокруг себя электрическое поле.

Электрическое поле – особый вид материи, способствующий взаимодействию заряженных частиц. Данный вид материи открыл Майкл Фарадей. Электрическое поле определённых зарядов не изменяется без изменения величины самого заряда.

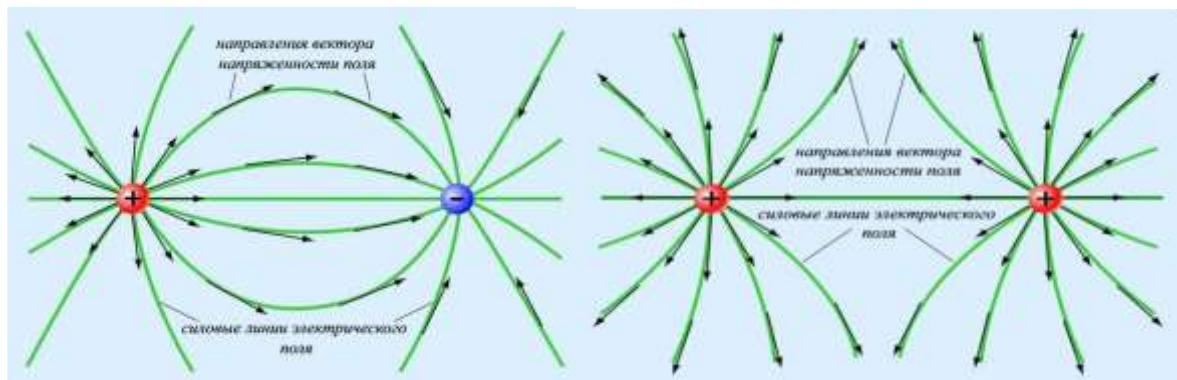
Электрическое поле схематически обозначается линиями со стрелочками. Вокруг положительного заряда стрелочки направлены от него, вокруг отрицательного – к нему.



Линии электрического поля начинаются на положительных зарядах и заканчиваются на отрицательных.

Если два одноименных заряда находятся на некотором расстоянии друг от друга, то их линии пересекаются и замыкаются.

Если же взаимодействуют два одноименных заряда, то силовые линии отталкиваются.



Интенсивность электрического поля – это физическая величина, которая определяется отношением силы к величине пробного заряда. Данная величина называется **напряжённостью**:

$$E = \frac{F}{q}.$$

Напряжённость – это векторная физическая величина, она зависит от направления силы и знака пробного заряда. Вектор напряженности всегда направлен от положительного заряда к отрицательному. Измеряется в СИ [Н/Кл] или [В/м].

Если пробный заряд находится не в вакууме, а в некоторой среде, то нужно учитывать диэлектрическую проницаемость среды: $E = \frac{F}{\epsilon \cdot q}$.

Напряжённость поля точечного заряда равна: $E = \frac{k \cdot |q_0|}{r^2}$. Вектор электрического поля точечного заряда в любой точке направлен вдоль прямой, соединяющей эту точку и заряд.

Чем дальше пробный заряд находится от рассматриваемого заряженного тела, тем меньшая сила на него действует. Значит, напряжённость электрического поля становится меньше по мере отдаления от заряженного тела. Электрическое поле показывают с помощью специальных линий, которые называются **линиями напряжённости поля**. Сила взаимодействия между зарядами является консервативной, так как не зависит от траектории движения заряда. Эта сила выполняет работу, которая определяется только начальным и конечным положением тела. При этом, как и любая работа консервативных сил, если траектория перемещения – замкнутая линия, то работа равна нулю:

$$A = W_1 - W_2.$$

Потенциальная энергия электрического поля равна:

$$W_p = qEd,$$

где d – расстояние от заряда до нулевого уровня потенциальной энергии.

Потенциальная энергия заряженных тел увеличивается с уменьшением расстояния между зарядами и стремится к нулю, когда заряды удаляют на бесконечное расстояние.

Потенциальная энергия поля пропорциональна величине рассматриваемого заряда. Величина, являющаяся коэффициентом пропорциональности, называется **потенциалом электрического поля**:

$$\varphi = W_p q, \text{ где } W_p \text{ – энергия заряда в данной точке.}$$

Потенциал измеряется в Вольтах (В).

Если напряжённость – это силовая характеристика электрического поля, то потенциал является его энергетической характеристикой. Если учесть, что разность потенциальных энергий – это работа силы электрического поля:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = Aq,$$

где:

$\varphi_1 - \varphi_2$ – разность потенциалов электрического поля в двух точках;

A – работа электрического поля по перемещению заряда из точки 1 в точку 2.

Разность потенциалов называют **напряжением** электрического поля:

$$U = \varphi_1 - \varphi_2.$$

Если некоторый заряд удаляют на бесконечное расстояние, то напряжение такого поля равно начальному потенциалу.

Для того, чтобы изменить потенциал поля необходимо совершить работу по перемещению заряда: $U = \frac{A}{q}$.

Металлическая проволока имеет в своей структуре свободные электроны, которые могут перемещаться под действием внешней силы, поэтому все тела из металла называются **проводниками**. Стекло не имеет свободных зарядов, поэтому его называют **диэлектриком**.

Диэлектрики – это материалы, не имеющие свободных носителей заряда. Они слабо проводят ток или совсем его не проводят.

Характеристики диэлектриков:

- напряжённость внутри диэлектриков не обязательно должна быть нулевой;
- заряд в некотором объёме диэлектрика может отличаться от нуля;
- напряжённость поля направлена под любым углом к диэлектрику;
- каждая точка диэлектрика имеет различный потенциал.

Диэлектрическая проницаемость (ϵ) – это основная характеристика, являющаяся общей для всех диэлектриков. Каждый диэлектрик имеет свою диэлектрическую проницаемость. Данная величина характеризуется способностью диэлектриков уменьшать напряжённость поля. Внутри диэлектриков происходит возбуждение собственного электрического поля, которое направлено против действия внешнего поля. Таким образом, происходит своеобразное гашение поля. Чтобы определить диэлектрическую проницаемость, можно воспользоваться специальной таблицей диэлектриков. А также диэлектрическую проницаемость среды можно определить по формуле:

$$\epsilon = \frac{E_{\text{вакуум}}}{E_{\text{диэлектрика}}}, \text{ где } E - \text{модуль напряжённости электрического поля.}$$

Ёмкость – это физическая величина, позволяющая определить величину заряда, необходимую для изменения потенциала проводника на 1 В. Ёмкость измеряется в фарадах (Φ).

$$C = q\varphi,$$

где:

C – электрёмкость единственного проводника,

q – модуль заряда проводника,

φ – потенциал проводника.

Если рассматривать некоторый **объёмный шар в виде проводника**, то его электрёмкость можно определить по следующей формуле:

$$C = 4\pi\epsilon_0 \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1}, \text{ где } \epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ Кл}^2/(\text{Н}\cdot\text{м}^2) – \text{электрическая постоянная; } R_1 \text{ и } R_2 - \text{радиусы внутренней и внешней обкладок.}$$

Ёмкость сферического проводника зависит от внешнего диэлектрика, а также от радиуса сферы, то есть её размера. Чем больше сфера, тем больше её ёмкость. Самым главным для нас сферическим проводником является Земля.

Самым простым примером для исследования конденсаторов являются **плоские конденсаторы**. Структура плоского конденсатора достаточно проста. Он состоит из двух металлических плоскостей (обкладок), которые расположены параллельно друг другу на некотором расстоянии. Между данными пластинами имеется диэлектрик.

Конденсатор характеризуется способностью накапливать некоторое количество энергии, которую со временем может повторно использовать.

Для определения энергии, которую может накапливать конденсатор:

$$W_p = \frac{qU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C}.$$

Энергетическая характеристика конденсатора является составляющей энергии поля зарядов, находящихся внутри него. Энергия напрямую зависит от характеристики конденсатора и его заряда.

В цепи может использоваться несколько конденсаторов, которые соединены параллельно или последовательно.

При **параллельном соединении конденсаторов** для нахождения общей ёмкости цепи из конденсаторов, ёмкость каждого из них складывается с остальными.

Общая ёмкость увеличивается: **Собщ = С1 + … + Ст**.

Напряжение на каждой ветке будет одинаково: **U = U1 = U2 = … = Ut**.

Для нахождения общего заряда заряды каждого конденсатора складываются:

$$q = q_1 + q_2 + \dots + q_t.$$

При **последовательном соединении** общая ёмкость конденсаторов уменьшается:

$$\frac{1}{Собщ} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \dots + \frac{1}{C_m}.$$

При этом напряжение цепи равно сумме напряжений на конденсаторах:

$U = U_1 + U_2 + \dots + U_m$, а величина заряда на всех обкладках одинакова:

$$q = q_1 = q_2 = \dots = q_m.$$

Электрическим током называют упорядоченное движение зарядов, благодаря чему происходит их перенос из одной области пространства в другую. Такое упорядоченное движение может происходить во многих веществах: твёрдые тела, жидкости, газы или даже вакуум.

Физическая величина, которая характеризует величину заряда, прошедшего за определённое время, называют **силой тока**: $I = \frac{q}{\Delta t}$.

Сила тока измеряется в Амперах (А).

В качестве источника тока можно использовать батарейки, генераторы, трансформаторы и прочее оборудование. Источник тока имеет возможность постоянно восполнять запасы электрического поля. Источник тока характеризуется такой физической величиной, как ЭДС, это сила, которая позволяет передвигать заряды по цепи, образуя ток. Для определения напряжения на участке цепи:

$E = \frac{U}{d}$, где d – расстояние между двумя точками (принято считать длину всего проводника, подключенного к источнику тока).

законом Ома: $I = \frac{U}{R}$, где R – вольт-амперная характеристика потребителя, называемая **сопротивлением**, единица измерения – [Ом].

Сопротивление зависит от вещества, из которого изготовлен проводник, от его длины, а также площади поперечного сечения:

$R = \rho \cdot \frac{l}{S}$, где ρ – удельное сопротивление проводника, l – длина проводника, S – площадь сечения проводника.

Для того, чтобы передвинуть некоторый заряд на неопределенное расстояние, следует приложить сторонние силы. Такие сторонние силы можно получить благодаря источнику тока. Любой источник тока характеризуется **электродвижущей силой** (ЭДС). Данная величина показывает, какая сторонняя работа была приложена к заряду для его передвижения на некоторое расстояние: $\mathcal{E} = \frac{A_{ст}}{q}$, где:

\mathcal{E} – электродвижущая сила,

$A_{ст}$ – работа сторонних сил по перемещению зарядов внутри элемента от одного полюса к другому,

q – перемещаемый заряд.

ЭДС имеет природу, подобную напряжению. Поэтому данная физическая величина также измеряется в вольтах (В).

Закон Ома для полной цепи выглядит следующим образом:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}, \text{ где:}$$

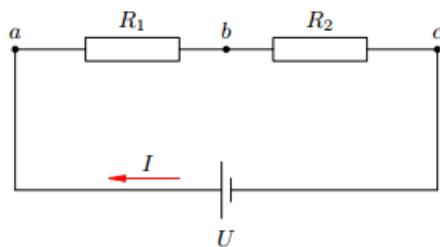
\mathcal{E} – ЭДС источника напряжения,

I – сила тока в цепи,

R – сопротивление всех внешних элементов цепи,

r – внутреннее сопротивление источника напряжения.

Последовательное соединение. При данном виде соединения концы одного участка цепи присоединяются к началу другого участка. Свойства последовательного соединения:

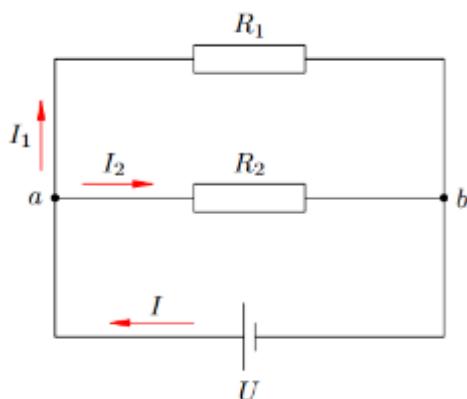


1. На каждом участке цепи сила тока одинакова. Из-за того, что не происходит никакого разветвления, при одинаковом поперечном сечении проводников, за одинаковое время проходит одинаковое количество электронов: $I = \text{const}$.

2. Напряжение во всей цепи равно сумме напряжений на каждом участке. Так как напряжение – это величина, которая характеризуется работой, необходимой для перемещения заряда, то общая работа равна сумме работ на участках: $U = U_{ab} + U_{bc}$.

3. Для нахождения общего сопротивления следует сложить сопротивления всех участков цепи: $R = \frac{U}{I} = \frac{U_{ab} + U_{bc}}{I} = R_1 + R_2$.

Параллельное соединение. При данном соединении начала всех резисторов соединяются в одной точке, а концы – в другой.



Узел – это точка, в которой соединены участки цепи. На данной схеме узлы обозначены буквами a и b . Свойства параллельного соединения:

1. На каждой ветке наблюдается одинаковое значение падения напряжения: $U = \text{const}$.

2. Как известно, ток идет по той цепи, где имеется меньшее сопротивление, поэтому по каждой ветви будет проходить различной величины сила тока, в зависимости от сопротивления. Сила тока во всей цепи равна сумме сил тока на ветвях:

$$I = I_1 + I_2.$$

3. Для нахождения сопротивления всей цепи: $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$. Если из данного соотношения вывести прямую формулу для нахождения общего сопротивления, то получим: $R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$.

Закон Джоуля-Ленца.

$$A = Uq = Ut.$$

$$A = I^2 Rt \text{ или } A = \frac{U^2}{R} \cdot t$$

$$A = Q$$

Мощность характеризует скорость выполнения работы: $P = \frac{A}{t}$

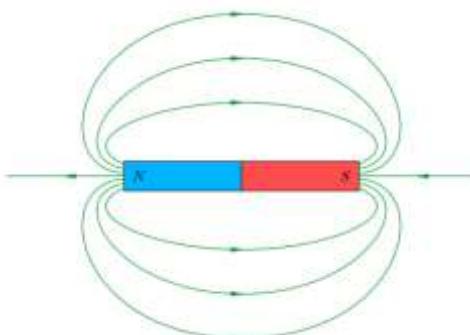
$$P = UI, P = I^2R, P = \frac{U^2}{R}.$$

Тела, которые обладают магнитными свойствами, называются **магнитами**.

Свойства магнитов:

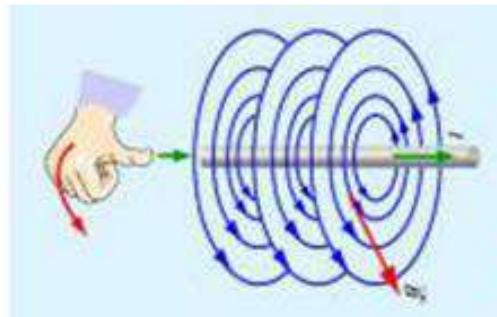
1. Любой магнит имеет два полюса (N, S).
2. Если два магнита расположить так, что два одноименных полюса будут направлены друг к другу, то такие магниты будут отталкиваться. Если же разноименные, то – притягиваться.
3. Нельзя создать магнит с одним полюсом. Даже если разрезать его по линии разделения полюсов (средней линии), в итоге получатся два магнита с двумя полюсами, но меньшего размера.
4. Сила действия магнита становится слабее или полностью ослабевает в результате его нагревания.
5. Если приложить большую направленную силу, свойства магнита ослабевают.

Линии магнитного поля всегда выходят из северного полюса и заканчиваются в южном.



В отличие от линий электрического поля, которые могут уходить в бесконечность, линии магнитного поля всегда замкнуты, проходят как вне магнита, так и внутри его.

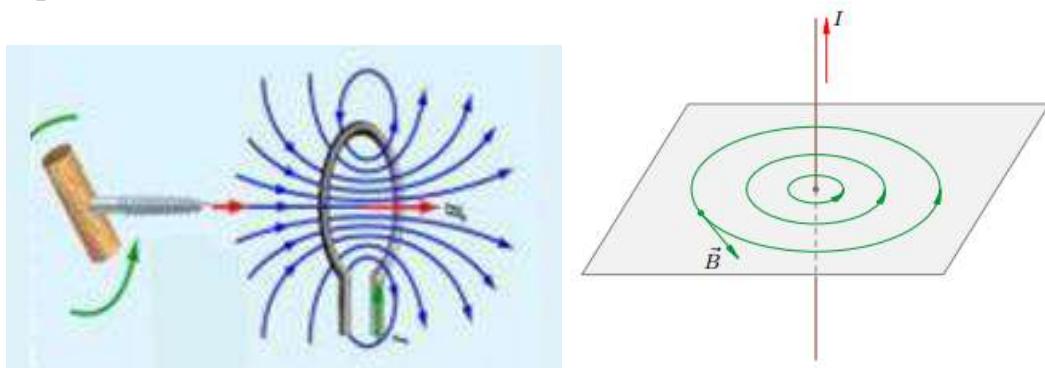
Если рассматривать поперечное сечение проводника с током, то его магнитные линии будут представлять собой окружности различного диаметра вокруг проводника. Чтобы определить направление тока или линий магнитного поля вокруг проводника, следует воспользоваться правилом **правого винта**: если правой рукой обхватить проводник и направить большой палец вдоль него по направлению тока, то согнутые пальцы покажут направление линий магнитного поля.



Силовой характеристикой магнитного поля является **магнитная индукция**. Иногда линии магнитного поля называют линиями индукции. Индукция обозначается и измеряется следующим образом: $[B] = 1 \text{ Тл}$ (Тесла).

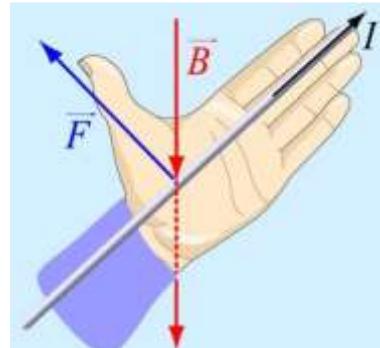
Виток с током. Как известно, проводники могут иметь различную форму, в том числе состоять из нескольких витков. Вокруг такого проводника также образуется маг-

магнитное поле. Для его определения следует воспользоваться правилом: если рукой обхватить витки так, чтобы четыре согнутых пальца их обхватывали, то большой палец покажет направление магнитного поля.



В отличие от электрического поля, где сила взаимодействия зависит только от величины зарядов и расстояния между ними, в магнитном поле существует ряд факторов, а также несколько сил, которые действуют на проводник с током и частицы в магнитном поле. Одной из таких сил является сила Ампера. Данная сила действует на любой проводник, по которому бежит ток.

Для определения направления данной силы используют следующее правило левой руки: положите проводник мысленно на левую руку так, чтобы направление тока, который по нему бежит, совпадало с направлением четырех пальцем; линии магнитного поля должны мысленно входить вовнутрь ладони; в таком случае направление силы Ампера совпадет с большим пальцем.



Для определения величины **силы Ампера** следует воспользоваться следующей формулой:

$$F_A = B \cdot I \cdot \Delta l \cdot \sin\alpha, \text{ где:}$$

F_A – модуль силы Ампера,

B – магнитная индукция поля,

I – сила тока в проводнике,

Δl – длина прямолинейного отрезка проводника,

α – угол между вектором магнитной индукции и направлением тока в проводнике.

Если ток по проводникам бежит в одном направлении, то проводники притягиваются, если в разных – то отталкиваются. Если взять проводник в форме рамки, то силы, которые будут направлены противоположно друг к другу, заставят рамку вращаться.

На любую частицу, которая имеет заряд, в магнитном поле действует некоторая сила, которая называется **силой Лоренца**. Данная величина зависит от того, насколько быстро передвигается частица в поле, от величины поля, от заряда частицы, а также от угла между скоростью и полем:

$$F_L = |q| \cdot v \cdot B \cdot \sin\alpha, \text{ где:}$$

F_L – модуль силы Лоренца,

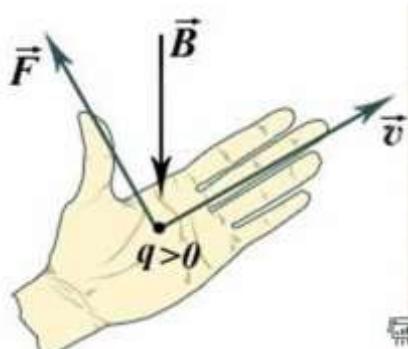
$|q|$ – модуль заряда частицы,

v – скорость частицы,

B – магнитная индукция поля,

α – угол между вектором магнитной индукции и вектором скорости заряженной частицы.

Определить направление силы Лоренца можно с помощью следующего правила: четыре пальца левой руки должны быть направлены в ту же сторону, куда движется частица; линии магнитного поля проникают в ладонь; отогнутый на 90° большой палец укажет на направление силы Лоренца, действующей на положительно заряженную частицу. Скорость отрицательно заряженной частицы направлена в противоположную сторону.



Магнитный поток характеризует плотность линий магнитного поля. Данная величина определяется магнитной индукцией, а также площадью, ограниченной контуром. Обозначается и измеряется магнитный поток следующим образом:

$$\Phi = \mathbf{B} \cdot \mathbf{S} \cdot \cos\alpha, \text{ где:}$$

S – площадь контура,

α – угол между плоскостью контура и линиями магнитной индукции.

Единицей измерения магнитного потока является Вебер (Вб).

Самопроизвольно заряды не могут получить направленного движения, поэтому существуют некоторые сторонние силы, влияющие на изменение потенциала проводника. Поэтому во время возникновения тока в проводнике в случае изменения магнитного поля можно говорить, что в проводнике возникает ЭДС. В данном случае эта сила называется **ЭДС индукции**. Данная величина характеризует необходимую работу, которая была выполнена изменённым магнитным полем для перемещения заряда: $\varepsilon i = \frac{A}{q}$.

Опыты Фарадея доказали, что величина индукционного тока выше в том случае, когда происходит большее изменение магнитного потока в контуре. То есть чем больше изменение магнитного потока за минимальный интервал времени, тем больше становится ток. При этом мы знаем, что ток вызван ЭДС индукции, поэтому по данному утверждению можно сделать вывод: ЭДС вызывает скорость изменения потока. ЭДС индукции есть производная функции изменения магнитного потока по времени:

$$\varepsilon i = \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| = \Phi'.$$

Данная формула и есть **закон электромагнитной индукции Фарадея**. Если происходит изменение магнитного потока, то это вызывает ЭДС индукции, равную скорости изменения этого потока.

Коэффициент, связывающий индукцию и поток, называется **индуктивностью**:

$$\Phi = L \cdot I.$$

Индуктивность определяется геометрическими размерами проводника, а также материалом, из которого он создан. Единицами измерения индуктивности являются Генри (Гн).

Если использовать данную формулу для ЭДС индукции, можно получить:

$$\varepsilon i = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} = -L \cdot i.$$

Работа магнитного поля идет на превращение механической энергии движения частиц в электрическую энергию тока. Энергию магнитного поля катушки можно определить по формуле: $W = \frac{L \cdot I^2}{2}$.

Гармонические колебания.

Колебания в идеальном контуре можно описать с помощью синуса и косинуса. При этом ток – производная заряда.

$$q = qm \cdot \cos(\omega_0 t), I = Im \cdot \cos(\omega_0 t + \frac{\pi}{2}), \text{ где:}$$

или qm – мгновенное и максимальное значения заряда конденсатора,

Im – мгновенное и максимальное значения силы тока,

ω_0 – циклическая частота колебаний.

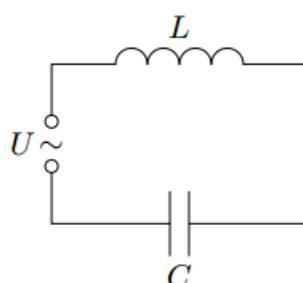
Формула для нахождения периода называется формулой Томсона:

$$T = 2\pi\sqrt{LC}, T = \frac{2\pi}{\omega_0}, \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Максимальная энергия конденсатора: $W = \frac{q_0^2}{2C}$.

Максимальная энергия катушки: $W = \frac{LI_0^2}{2}$.

Энергия контура в произвольный момент времени: $W = \frac{q_0^2}{2C} + \frac{LI_0^2}{2}$.



Чтобы получить вынужденные колебания, цепь должна быть подключена к источнику току, в который происходят гармонические колебания напряжения. При этом частота источника тока должна совпадать с частотой контура. Это означает, что, если источник тока вырабатывает напряжение: $U = U_0 \cdot \sin \omega t$, то контур имеет частоту, равную ω .

Отсюда следует, что **период** будет находиться следующим образом: $T = \frac{2\pi}{\omega}$, а частота: $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$.

Если эти частоты стремятся друг к другу, то в контуре наблюдается **резонанс** – резкий скачок амплитуды. Это происходит в том случае, когда выполняется следующее равенство: $\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0$.

Во время резонанса амплитуды на конденсаторе и на катушке равны между собой. При такой ситуации не существует сдвига фаз для тока и напряжения.

Переменный ток – это колебания, которые могут происходить в цепи в результате подключения её к источнику переменного напряжения. Переменный ток имеется во всех цепях в квартирах, по проводам происходит передача именно тока переменного напряжения. Однако, практически все электроприборы работают от постоянного электричества, так как на выходе из розетки ток выпрямляется и в виде постоянного передается к бытовой технике. Именно переменный ток проще всего получить и передать на любое расстояние.

Конденсатор в цепи.

Максимальное значение силы тока: $I_0 = CU_0\omega = \frac{U_0}{1/(\omega C)}$.

Емкостное сопротивление на конденсаторе равно: $X_C = \frac{1}{\omega C}$

Катушка в цепи.

Максимальное значение тока: $I_0 = \frac{U_0}{\omega L}$.

Индуктивное сопротивление цепи равно $X_L = \omega L$.

Чем больше индуктивное сопротивление, тем меньшее значение имеет амплитуда тока.

Катушка, сопротивление и конденсатор в цепи.

Если в цепи одновременно присутствуют все виды сопротивлений, то определить **значение величины тока** можно, преобразив закон Ома:

$$I_0 = \frac{U_0}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}.$$

При этом выражение $Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$ называют **полным сопротивлением**.

Опыты Максвелла доказали, что **электрический ток** в вакууме распространяется **со скоростью**, с которой движется свет, то есть $3 \cdot 10^8$ м/с. При движении зарядов, которые создают ток, образуются две составляющих – электрическое и магнитное поле.

Чем быстрее будет происходить перемещение заряда, тем выразительнее будут электромагнитные волны. То есть, чем больше частота, тем большая интенсивность электромагнитных волн. На частоту колебательного контура влияет индуктивность и ёмкость составляющих элементов цепи:

$$\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Для определения длины волны λ : $c = \lambda\nu$.

Электромагнитным волнам присущи все правила, справедливые для механических волн:

1. Электромагнитная волна способна отразиться от плотного металла.
2. Через диэлектрик электромагнитная волна проходит достаточно проблематично, поскольку она им поглощается.

3. Если электромагнитная волна переходит из одной среды в другую, которая отличается плотностью, то она способна преломиться.
4. Волны способны интерферировать.
5. Наблюдается явление дифракции.

Существует большое разнообразие электромагнитных волн, отличающихся длиной.

1. Если длина волны более 1 мм, то такие волны называются радиоволнами. Такого вида волны наблюдаются при радиовещании, телевидении, а также во время грозы. Наиболее длинные волны, имеющие длину волны более 10 км, называются сверхдлинными. Они используются для радиовещания под водой. К длинным волнам относятся те, которые имеют длину от 1 км до 10 км. При проведении локальных радиовещаний, охватываемый диапазон которых не более полутура тысяч километров, используют средние волны, размером до 1 км.

2. Инфракрасные волны. Имеют достаточно небольшой размер – от 780 нм до 1 мм. Такой вид излучения имеет Солнце, его также используют для обогрева помещений и прочих функций.

3. Если длина электромагнитной волны от 380 нм до 780 нм, то такие волны можно отнести к видимому свету, состоящему из 7 основных цветов.

4. Ультрафиолетовое излучение имеют волны длиной от 10 нм до 380 нм. Получить излучение можно от Солнца; оно полезно для организма человека в качестве улучшения иммунитета, а также общего состояния. Однако принимать ультрафиолетовые ванны нужно аккуратно. Также ультрафиолетовое излучение используется для кварцевания в больницах.

5. Излучения, которые производит рентген-аппарат, имеют длины волн от 5 пм до 10 нм. Используют его в медицинских целях.

6. Гамма-излучение имеет самую минимальную величину длины волны. Происходит оно при ядерных реакциях и процессах.